



TUGAS AKHIR - TE141599

**STUDI REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI
DISTRIBUTED GENERATION (DG) PADA SISTEM DISTRIBUSI RADIAL
3 PHASA METODE *NEWTON-RAPSHON* UNTUK MENINGKATKAN
KELUARAN DAYA AKTIF DG**

Surya Mahendra
NRP 2213105082

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D
Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR - TE141599

**STUDI REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI
DISTRIBUTED GENERATION (DG) PADA SISTEM DISTRIBUSI RADIAL
3 PHASA METODE *NEWTON-RHAPSON* UNTUK MENINGKATKAN
KELUARAN DAYA AKTIF DG**

Surya Mahendra
NRP 2213105082

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D
Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE141599

***STUDY OF NETWORK RECONFIGURATION AND DISTRIBUTED
GENERATION PLACEMENT IN RADIAL DISTRIBUTION 3 PHASE
USING NEWTON-RHAPSON METHOD FOR INCREASING ACTIVE
POWER OUTPUT DG***

Surya Mahendra
NOR 2213105082

Counsellor
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D
Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT

ELECTRICAL ENGINEERING S1 STUDY PROGRAM
Industrial Technology Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE141599

***STUDY OF NETWORK RECONFIGURATION AND DISTRIBUTED
GENERATION PLACEMENT IN RADIAL DISTRIBUTION 3 PHASE USING
NEWTON-RHAPSON METHOD FOR INCREASING ACTIVE POWER
OUTPUT DG***

Surya Mahendra
NOR 2213105082

Counsellor

Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D
Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT

***ELECTRICAL ENGINEERING S1 STUDY PROGRAM
Industrial Technology Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015***

**STUDI REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN
LOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) PADA SISTEM
DISTRIBUSI RADIAL 3 PHASA METODE *NEWTON RAPHSON*
UNTUK MENINGKATKAN KELUARAN DAYA AKTIF DG**


TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Program Studi S1 Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Menyetujui :
Dosen Pembimbing,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D.

NIP. 19490715 197412 1 001


Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT.

NIP. 19741129 200012 1 001


**SURABAYA
JULI, 2015**

**STUDI REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN
LOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) PADA SISTEM
DISTRIBUSI RADIAL 3 PHASA METODE *NEWTON RAPHSON*
UNTUK MENINGKATKAN KELUARAN DAYA AKTIF DG**

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Surya Mahendra
NRP : 2213 105 082
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D
NIP : 19490715 197412 1 001
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT
NIP : 19741129 200012 1 001

Aliran daya merupakan suatu hal yang sangat penting dalam perencanaan dan desain sistem tenaga. Informasi yang utama dari aliran daya adalah magnitude dan sudut fasa dari tegangan pada masing-masing bus serta aliran daya aktif pada masing-masing saluran. Newton-Raphson merupakan salah 1 metode untuk mengatasi aliran daya dari susunan persamaan non linier yang terdapat matriks bus admitansi (Ybus) dengan 2 atau lebih variable. Suatu jaringan memiliki data saluran dan data bus yang membentuk suatu konfigurasi tertentu. Pada kenyataannya, konfigurasi tersebut belum mampu untuk meningkatkan keluaran daya yang diinginkan. Penempatan lokasi distributed generation (DG) dan konfigurasi ulang perlu dilakukan dengan tujuan keluaran daya tersebut menjadi aktif. Studi rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi distributed generation (DG) pada sistem distribusi radial 3 fasa metode newton raphson merupakan solusi dari permasalahan tersebut. Hasil yang diharapkan tugas akhir ini dalam bentuk sebuah program load flow jaringan distribusi aktif. Keluaran tersebut dapat digunakan untuk analisis jaringan distribusi radial sehingga dapat membantu dalam peningkatan keluaran daya aktif DG.

Kata kunci : Aliran Daya, 3 Fasa, Rekonfigurasi Jaringan, DG, Distribusi Radial.

**STUDI REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN
LOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) PADA SISTEM
DISTRIBUSI RADIAL 3 PHASA METODE *NEWTON RHAPSON*
UNTUK MENINGKATKAN KELUARAN DAYA AKTIF DG**

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Surya Mahendra
NRP : 2213 105 082
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D
NIP : 19490715 197412 1 001
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT
NIP : 19741129 200012 1 001

Aliran daya merupakan suatu hal yang sangat penting dalam perencanaan dan desain sistem tenaga. Informasi yang utama dari aliran daya adalah magnitudo dan sudut fasa dari tegangan pada masing-masing bus serta aliran daya aktif pada masing-masing saluran. Newton-Raphson merupakan salah 1 metode untuk mengatasi aliran daya dari susunan persamaan non linier yang terdapat matriks bus admitansi (Ybus) dengan 2 atau lebih variable. Suatu jaringan memiliki data saluran dan data bus yang membentuk suatu konfigurasi tertentu. Pada kenyataannya, konfigurasi tersebut belum mampu untuk meningkatkan keluaran daya yang diinginkan. Penempatan lokasi distributed generation (DG) dan konfigurasi ulang perlu dilakukan dengan tujuan keluaran daya tersebut menjadi aktif. Studi rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi distributed generation (DG) pada sistem distribusi radial 3 phasa metode newton rhapsion merupakan solusi dari permasalahan tersebut. Hasil yang diharapkan tugas akhir ini dalam bentuk sebuah program load flow jaringan distribusi aktif. Keluaran tersebut dapat digunakan untuk analisis jaringan distribusi radial sehingga dapat membantu dalam peningkatan keluaran daya aktif DG.

Kata kunci : Aliran Daya, 3 Phasa, Rekonfigurasi Jaringan, DG, Distribusi Radial.

Halaman ini sengaja dikosongkan

***Study Of Network Reconfiguration And Distributed Generation
Placement In Radial Distribution 3 Phase using Newton-Raphson
Method for Increasing Active Power Output DG***

ABSTRACT

Name of Student : Surya Mahendra
Registration Number : 2209030064
Consultive Lecturer 1 : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc,Ph.D
ID : 19490715 197412 1 001
Consultive Lecturer 2 : Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT
ID : 19741129 200012 1 001

The power flow is something that is very important in the planning and design of power systems. The main information of the power flow is magnitude and phase angle of the voltage on each bus as well as active power flow in each channel. Newton-Raphson is one method to overcome the power flow of the composition of non-linear equations contained bus admittance matrix (Y_{bus}) with 2 or more variable. A network has a data channel and a data bus that forms a particular configuration. In fact, the configuration has not been able to increase the power output desired. Placement location of distributed generation (DG) and reconfiguration needs to be done with the purpose of the power output becomes active. Study reconfiguration of the network and determining the location of distributed generation (DG) on 3-phase distribution system radial rhapsion newton method is a solution to these problems. The expected result of this thesis in the form of a distribution network load flow program is active. The output can be used for analysis of radial distribution network so as to assist in the improvement of active power output DG.

Key words: ***Power Flow, 3-Phase, Network Reconfiguration, DG, Radial Distribution***

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Dengan segala puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

“Studi Rekonfigurasi Jaringan Dan Penentuan Lokasi *Distributed Generation* (DG) Pada Sistem Distribusi Radial 3 Fasa Metode *Newton Rhapson* Untuk Meningkatkan Keluaran Daya Aktif DG”

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi di jurusan Sarjana-1 (S1) Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis berusaha secara optimal dengan segala pengalaman dan informasi yang didapatkan dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini. Namun penulis menyadari masih belum sempurna, karena itu penulis memohon maaf atas keterbatasan materi laporan Tugas Akhir ini. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Demikian besar harapan penulis agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya dalam mempelajari pengembangan aliran daya pada sistem distribusi 3 fasa untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Maksud dan Tujuan	2
1.5 Metodologi.....	2
1.6 Sistematika Laporan	3
1.7 Relevansi	4
 BAB II SISTEM DISTRIBUSI RADIAL, <i>DISTRIBUTED</i> <i>GENERATION</i>, REKONFIGURASI JARINGAN	 7
2.1 Sistem Distribusi Radial	7
2.2 Aliran Daya.....	8
2.3 Metode <i>Newton-Rhapson</i>	9
2.4 <i>Distributed Generation</i>	9
2.5 Rekonfigurasi Jaringan	11
 BAB III PERANCANGAN REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI DG	 13
3.1 Data Sistem Distribusi 14 Bus	14
3.2 Metode <i>Newthon-Rhapson</i>	16
3.3 Penentuan Lokasi DG	20
3.4 Rekonfigurasi Jaringan dan Penetuan Lokasi DG	22
 BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS	 23
4.1 Sistem Jaringan Distribusi IEEE 14 Bus.....	23

4.2	Sistem Sebelum Penentuan Lokasi DG	24
4.2.1	Simulasi Sebelum Instalasi DG	25
4.3	Sistem pada saat Penentuan Lokasi DG	28
4.3.1	Penentuan Lokasi 1 DG	28
4.3.2	Penentuan Lokasi 2 DG	30
4.4	Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi DG	33
4.4.1	Kombinasi menggunakan <i>tie switch</i>	34
BAB V	PENUTUP	41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	PENENTUAN LOKASI 2 DG	A-1
LAMPIRAN	REKONFIGURASI JARINGAN	A-13
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	B-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi DG berdasarkan Kapasitas Pembangkit	10
Tabel 2.2	Klasifikasi DG berdasarkan Teknologi Pembangkit	11
Tabel 3.1	Data sistem jaringan distribusi IEEE 14 Bus	14
Tabel 3.2	Data Beban	15
Tabel 3.3	Kombinasi <i>tie switch</i> membuka	22
Tabel 4.1	Data sistem jaringan distribusi IEEE 14 Bus.....	24
Tabel 4.2	Data Beban	25
Tabel 4.3	Hasil simulasi aliran daya	25
Tabel 4.4	Kondisi tegangan sistem awal	26
Tabel 4.5	Pemasangan 1 DG pada masing-masing Bus	28
Tabel 4.6	Kondisi tegangan setelah penentuan 1 DG	29
Tabel 4.7	Pemasangan 2 DG pada masing-masing Bus	30
Tabel 4.8	Kondisi tegangan setelah penentuan 2 DG	32
Tabel 4.9	Data saluran dengan <i>tie switch</i>	33
Tabel 4.10	Perbandingan Kombinasi <i>tie switch</i>	34
Tabel 4.11	Peningkatan Daya Aktif DG dengan rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG pada masing-masing Bus	37
Tabel 4.12	Kondisi tegangan rekonfigurasi dan penentuan DG	37
Tabel 4.13	Perbandingan Peningkatan Daya Aktif	39

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Flowchart</i> Tugas Akhir	3
Gambar 2.1	Sistem Distribusi Radial.....	7
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Tugas Akhir	13
Gambar 3.2	<i>Plant</i> Tugas Akhir	14
Gambar 3.3	<i>Flowchart Newton-Rhapson</i>	20
Gambar 3.4	Penentuan Lokasi DG	22
Gambar 3.5	Jaringan 2 bus dengan DG	22
Gambar 4.1	Sistem Jaringan Distribusi IEEE 14 Bus.....	25
Gambar 4.2	Peningkatan Daya sebelum Penentuan lokasi DG ...	26
Gambar 4.3	Kondisi Tegangan sebelum Penentuan lokasi DG ...	27
Gambar 4.4	Peningkatan Daya setelah Penentuan lokasi 1 DG...	29
Gambar 4.5	Kondisi Tegangan setelah Penentuan lokasi 1 DG ..	30
Gambar 4.6	Peningkatan Daya setelah Penentuan lokasi 2 DG...	31
Gambar 4.7	Kondisi Tegangan setelah Penentuan lokasi 2 DG ..	32
Gambar 4.8	Sistem Distribusi dengan penambahan <i>tie switch</i>	33
Gambar 4.9	Bentuk sistem sebelum rekonfigurasi	36
Gambar 4.10	Bentuk sistem setelah rekonfigurasi.....	36
Gambar 4.11	Bentuk grafik peningkatan daya aktif DG dengan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG.....	37
Gambar 4.12	Bentuk grafik kondisi tegangan dengan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG	38

Halaman ini sengaja dikosongkan

Thanks to :

- ☞ **Allah SWT** Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan kehidupan dan Muhammad **Rosululloh SAW** yang telah memberikan petunjuk mana yang Haq dan man yang Bathil;
- ☞ **Ibu, Bapak** orang tuaku yang dengan ikhlas berkorban jiwa dan raganya demi anakmu seorang;
- ☞ Bapak, Ibu Dosen dan Pengajaran D3 Teknik Elektro yang memberikan banyak ilmu dan pengalaman;
- ☞ Pak **Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D** sebagai dosen pembimbing yang tiada lelah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, serasa di bimbing dari Winconsin University, USA.
- ☞ Pak **Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT** sebagai dosen pembimbing yang tiada lelah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, serasa di bimbing dari Hiroshima University, JAPAN.
- ☞ **1305 (LJ 2013)** angkatanku yang terbaik, terima kasih semuanya
- ☞ **AZ** Yang TerSayang (My Princess), terima kasih atas suport dan doa restunya, Salam juga buat IBU, tanpamu TA-ku gag bakalan selesai :.* <3;
- ☞ Lab. Simulasi Tenaga Listrik (PSSL) tepat yg paling nyaman dan enak selama tahun terakhir dikampus, terima kasih semua penghuninya Assisten Simulasi;
- ☞ Ikapragama, yang selalu menjadi teman Petualang.
- ☞ Semua orang yang tidak dapat satu-persatu disebutkan terima kasih sebesar-besarnya.

***“Semoga Buah Tangan Ini dapat menjadi Inspirasi,
meskipun ada kekurangan. Mundur Selangkah Untuk
Maju Melesat Ke Depan karena Kita adalah Apa yang
Kita Pikirkan.***

Man Jadda Wa Jadda, Man Sabhira Zafira”

Surabaya, Juli 2015

Surya Mahendra

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring meningkatnya kebutuhan pasokan listrik serta seringkali sistem distribusi listrik menjadi besar dan kompleks menyebabkan kerugian sistem yang lebih tinggi dengan pengaturan tegangan yang buruk. Studi menunjukkan bahwa hampir 10-13% dari total daya dihasilkan hilang sebagai kerugian pada tingkat distribusi. Sehingga menyebabkan peningkatan biaya energi dan profil tegangan yang buruk. Oleh karena itu peningkatan keandalan transmisi listrik dalam jaringan menjadi sangat penting. Metode yang umum digunakan untuk stabilitas tegangan dan penurunan daya dalam sistem distribusi adalah rekonfigurasi jaringan dan penempatan DG. Adapun DG sendiri merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang tersebar dan terhubung ke jaringan utama distribusi. Jenis pembangkit tersebar umumnya merupakan *renewable energy* seperti *wind turbin*, *mikro hidro* dan *pv voltage*. Sehingga pada pengoperasian tiap-tiap unit pembangkit tersebar tidak selalu bisa secara berkelanjutan mensuplai daya ke jaringan utama. Maka dari itu status tiap unit DG untuk kondisi waktu tertentu berbeda. Rekonfigurasi jaringan dan penempatan DG dapat memaksimalkan keuntungan dan mengurangi kerugian akibat dari sistem tenaga listrik.

1.2 Permasalahan

Perumusan masalah dalam Tugas Akhir ini mempunyai batas-batas sebagai berikut:

- Langkah untuk menentukan penempatan lokasi DG yang tepat untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG pada sistem distribusi radial 3 fasa seimbang.
- Langkah rekonfigurasi jaringan dan menentukan penempatan lokasi DG yang tepat untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG pada sistem distribusi radial 3 fasa seimbang distribusi tenaga listrik.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, memiliki batasan masalah sebagai berikut :

- Penempatan DG dan Rekonfigurasi jaringan pada program perhitungan MATLAB R2009a.
- Hanya memperhatikan Keluaran Aktif pada DG, dengan kapasitas DG sebesar 18 MW.
- Sistem dalam keadaan seimbang.
- Tipe *Plant* berupa *Load Bus* (PQ Bus) IEEE 14 bus.

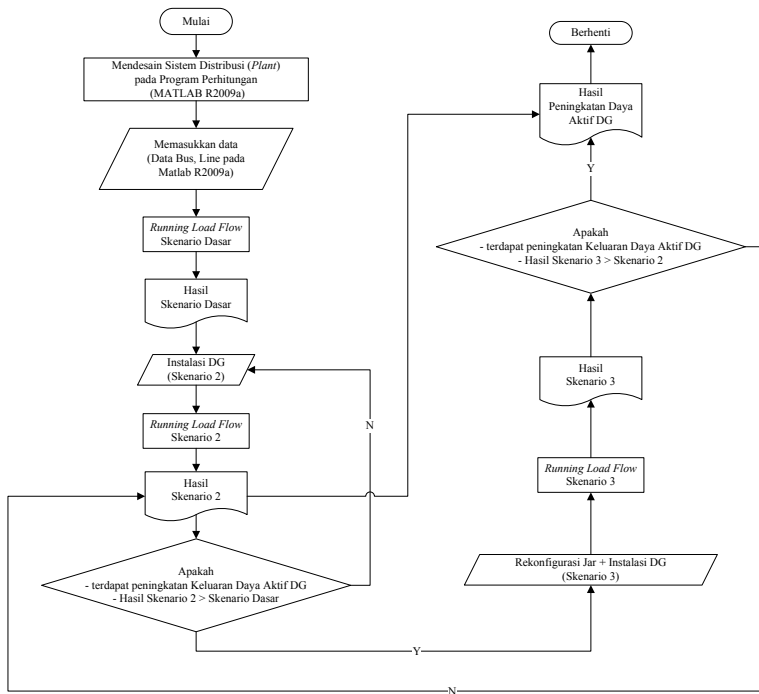
1.4 Maksud dan Tujuan

Pengembangan aliran daya 3 fasa menggunakan metode *newton-raphson* dan melakukan integrasi antara penempatan DG dan rekonfigurasi jaringan sehingga diperoleh peningkatan keluaran daya aktif DG merupakan tujuan yang ingin dicapai.

1.5 Metodologi

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir terdapat beberapa kegiatan yang dapat diuraikan sebagai berikut :

- Studi Pustaka dan Survey Data : Kegiatan ini berupa mencari studi literatur kemudian mensimulasikan *plant* Sistem distribusi radial ke dalam program simulasi ETAP untuk mendapatkan nilai *load flow* dengan metode *newton-raphson*.
- Melakukan perhitungan kombinasi antara penempatan DG dan rekonfigurasi jaringan dengan konfigurasi tertentu sesuai skenario tertentu. Kemudian memperhitungkan nilai *loadflow* dengan metode *newton raphson* untuk didapatkan parameter pada setiap bus.
- Menganalisa hasil keluaran *load flow* dengan kombinasi yang muncul dan menentukan hasil yang signifikan dari kombinasi yang ada.
- Merubah setting dengan acuan keluaran dalam beberapa skenario.



Gambar 1.1. Flowchart Tugas Akhir

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan pada laporan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab. Berikut diberikan penjelasan isi dari masing – masing bab, yaitu

Bab I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, maksud dan tujuan, metodologi, sistematika laporan, serta relevansi penulisan pada tugas akhir.

Bab II : SISTEM DISTRIBUSI RADIAL, DISTRIBUTED GENERATION, REKONFIGURASI JARINGAN

Dalam bab ini dijelaskan mengenai konsep – konsep yang mendasari perancangan pada Tugas Akhir ini, meliputi pembahasan pembahasan sistem distribusi radial, aliran daya, metode *Newton-Rhapon*,

Distributed Generation (DG), dan Rekonfigurasi Jaringan.

Bab III : PERANCANGAN REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENETUAN LOKASI DG

Dalam bab ini membahas mengenai karakteristik sistem distribusi dengan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG, analisis aliran daya menggunakan metode *Newton-Rhapson* serta sistem distribusi yang akan dijadikan objek penelitian.

Bab IV : SIMULASI DAN ANALISIS

Dalam bab ini membahas tentang simulasi pengujian, dan analisa terhadap prinsip kerja dan proses dari aliran daya yang telah dirancang.

Bab V : PENUTUP

Dalam bab ini berisi tentang penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir dan saran – saran untuk pengembangan aliran daya ini lebih lanjut.

1.7 Relevansi

Manfaat Tugas Akhir ini dapat dilihat dari berbagai sisi antara lain :

a. Sisi Ekonomi

Menghemat biaya operasional pada pihak terkait dalam pelaksanaan pengawasan dan pelaksanaan undang-undang ketenaga-listrikan.

b. Sisi Lingkungan

Membantu pemeliharaan lingkungan dari radiasi listrik sehingga dapat merusak ekosistem keberlangsungan makhluk hidup.

c. Sisi Produsen Ketenaga-Listrikan

Sebagai bahan referensi tentang cara meningkatkan daya aktif yang ada pada jaringan distribusi tenaga listrik. Selain itu dapat digunakan untuk mempercepat penanganan gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik karena menggunakan sistem distribusi secara online.

d. IPTEK

Bagi masyarakat secara umum karya tulis ini dapat memperkaya khasanah pengetahuan pemanfaat teknologi dari

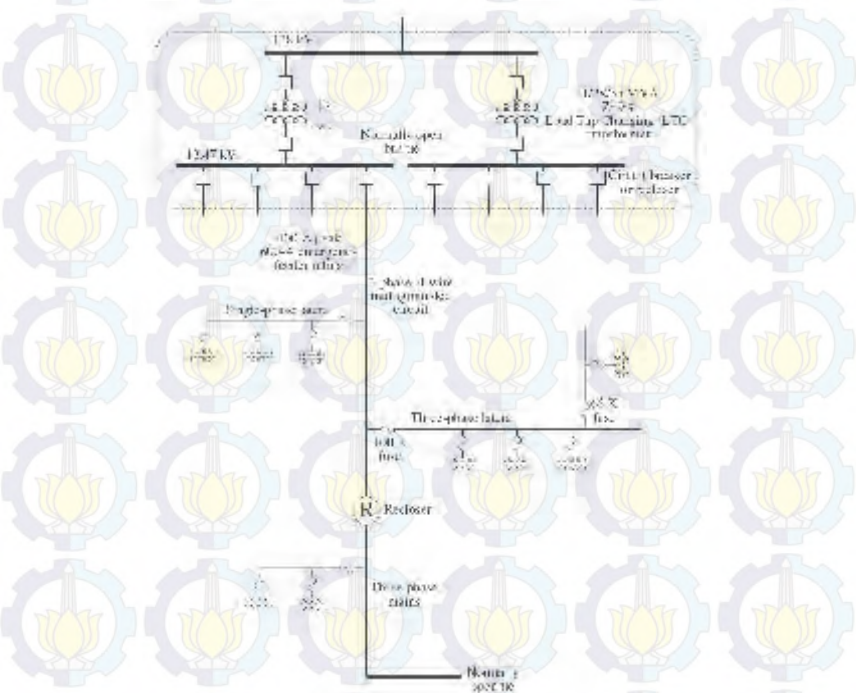
pengembangan aliran daya. Bagi mahasiswa dapat mengembangkan ilmu pengetahuannya sesuai disiplin ilmu yang dipelajari sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat.

e. Pemerintah

Membantu pemerintah khususnya Badan yang bergerak pada ketenaga-listrikan dalam pengawasan serta pelaksanaan Undang-Undang Energi dalam bidang tenaga listrik.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pada bab ini menjelaskan mengenai teori – teori yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan. Teori yang mendukung penyelesaian Tugas Akhir ini diantaranya adalah sistem distribusi radial, aliran daya, metode *Newton-Rhapson*, *Distributed Generation* (DG), dan Rekonfigurasi Jaringan.



Gambar 2.1. Sistem Distribusi Radial

Bila antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran, maka merupakan bentuk jaringan yang paling sederhana dengan keuntungan pengamanan terhadap arus gangguan lebih mudah, arus

gangguan lebih kecil, pengaturan tegangan lebih mudah, peramalan dan pengaturan aliran daya lebih mudah, dan biaya relatif murah. Saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar, sehingga disebut radial. Hal ini mengakibatkan luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak harus sama. Dengan pengertian, saluran utama (dekat sumber) yang menanggung arus besar, ukuran penampangnya relatif besar, dan saluran cabang-cabangnya makin ke ujung dengan arus beban yang lebih kecil, ukurannya lebih kecil pula.

Untuk melokalisir gangguan, pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman berupa *fuse*, *sectinalisxer*, *recloser*, atau alat pemutus beban lainnya, hanya saja fungsinya membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sebelum/setelah titik gangguan, selama gangguan belum teratasi.

2.2 Aliran Daya [2]

Merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, dan daya yang terdapat pada berbagai titik suatu jaringan pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun akan datang. Sehingga dapat memantau beban untuk dilakukan pengaturan kualitas daya yang dikirim. Banyak peneliti yang mengembangkan metode aliran daya, khususnya pada jaringan distribusi. Data yang diperlukan untuk studi aliran daya adalah matriks Y_{bus} atau matriks Z_{bus} dari sistem yang akan dipelajari. Hal ini sangat penting karena matriks Y_{bus} maupun Z_{bus} berisi informasi data saluran sistem. Kemudian data-data jenis bus, termasuk ke dalam jenis bus beban atau bus generator. Jika pada bus terdapat generator, maka bus tersebut disebut bus generator. Sedangkan bus yang tidak memiliki generator disebut sebagai bus beban. Pada setiap bus generator perlu dimasukkan data pembangkitan daya aktif pada generator, kemudian pada bus beban juga perlu dimasukkan data beban. Ada satu bus generator yang tidak ditentukan besar pembangkitan daya aktif, yang disebut *slack* atau *swing bus*. *Swing bus* ini terhubung dengan generator yang memiliki kapasitas daya paling besar pada sistem. Generator pada *swing bus* mensuplai perbedaan antara daya aktif ke dalam sistem pada bus lain dan total keluaran ditambah losses. *Magnitude* dan sudut tegangan pada *swing bus* telah ditentukan terlebih dahulu.

2.3 Metode Newton-Rhapson [3]

Merupakan metode dengan untuk mencari hampiran terhadap akar fungsi riil. Metode ini sering konvergen dengan cepat, terutama bila iterasi dimulai dengan cukup dekat” dengan akar yang diinginkan. Namun bila iterasi dimulau jauh dari akar yang dicari, metode ini dapat meleset tanpa peringatan.

2.4 Distributed Generation [4]

Distributed Generation (DG) merupakan suatu pembangkit tenaga listrik yang berukuran kecil dan bukan merupakan bagian dari sistem pembangkit pusat, melainkan berada dekat dengan beban. DG merupakan pendekatan baru dalam industri pembangkitan tenaga listrik yang memberikan paradigma baru terhadap konsep pembangkit listrik terpusat konvensional. Dalam berbagai literatur masih belum terdapat persamaan konsep yang pasti terhadap definisi DG. Semua literatur memang menyatakan bahwa DG merupakan pembangkit kecil dengan peletakan yang terdistribusi pada sitem, namun belum ada persamaan persepsi diantara para ahli mengenai batasan ukuran dan lokasi penempatan DG. Bahkan istilah DG pun masih bermacam macam. Negara-negara Anglo-Amerika menggunakan istilah *Embedded Generation*, Amerika Utara menggunakan istilah *Dispersed Generation*, sedangkan Eropa dan sebagian Asia menggunakan istilah *Decentralised Generation*.

Selain dari perbedaan istilah, penentuan rentang ukuran atau kapasitas DG juga masih memiliki beberapa versi yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya. Penentuan kapasitas ini sangat penting karena merupakan salah satu kunci dalam analisa penempatan dan penentuan daya keluaran DG. Beberapa definisi kapasitas DG yang dimiliki oleh lembaga-lembaga riset internasional adalah sebagai berikut:

1. The Electric Power Research Institute mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas beberapa kilowatt sampai dengan 50 MW.
2. Gas Research Institute mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 25kW hingga 25 MW.
3. Preston dan Rastler menentukan ukuran mulai dari beberapa kilowatt hingga lebih dari 1000 MW.
4. Cardell mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 500kW hingga 1MW.

5. International Conference on Large High Voltage Electric Systems (CIGRE) mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 50 hingga 100 MW.

Oleh karena sangat bervariasinya definisi yang digunakan dalam beberapa literatur, maka klasifikasi DG dibedakan berdasarkan tujuan, lokasi penempatan, kapasitas DG, area penugrahan daya listrik, teknologi, dampak lingkungan, mode operasi, kepemilikan dan penetrasi DG ke dalam sistem tenaga listrik.

Pemasangan DG pada sistem tenaga sangat mempengaruhi aliran daya dan keadaan tegangan di sisi konsumen dan peralatan. Pengaruh ini dapat memberikan pengaruh yang positif atau pengaruh yang negatif, tergantung kepada DG dan karakteristik sistem distribusi.

Kapasitas maksimum yang mungkin disuplai oleh DG sebagai sumber energi listrik sering digunakan untuk membatasi kualifikasi dari DG itu sendiri. Namun penentuan kapasitas DG ini bukan merupakan faktor kritis dalam menentukan definisi DG. Kapasitas maksimum yang dapat dikoneksikan dengan sistem tergantung pada kapasitas sistem dan toleransi dengan level tegangan tempat dimana DG tersebut diletakkan. Desain teknis dari masing-masing sistem sangatlah unik, karena itu, tidak ada definisi umum dari kapasitas pembangkitan maksimum yang dapat dikoneksikan ke sistem.

Beberapa permasalahan teknis yang berhubungan dengan DG dapat memberikan beberapa variasi yang signifikan terhadap kapasitas pembangkitan dari DG itu sendiri. Oleh karena itu, perlu diperkenalkan pengkategorian yang tepat untuk mengklasifikasikan DG berdasarkan kapasitas pembangkitan yang dimilikinya. Terdapat empat jenis DG berdasarkan klasifikasi ini, yaitu :

Tabel 2.1 Klasifikasi DG berdasarkan Kapasitas Pembangkitan [11]

Jenis DG	Kapasitas Pembangkitan
Micro DG (DG Mikro)	1 Watt – 5KW
Small DG (DG Kecil)	5KW – 5MW
Medium DG (DG sedang)	5MW – 50 MW
Large DG (DG Besar)	50MW – 300 MW

Teknologi DG yang sering digunakan adalah *micro-hydro*, panel surya, turbin angin, mesin diesel, sel bahan bakar, dan baterai yang terdiri dari sejumlah modul-modul kecil dan dirakit secara tersendiri oleh pabrik. Hal ini dilakukan untuk mempermudah konstruksi dan implementasi pada lokasi DG. Modul-modul kecil

tersebut dapat dipasang dengan sangat cepat pada lokasi akhir dimana pembangkit membutuhkan penghematan waktu yang sangat signifikan bila dibandingkan dengan pembangunan pembangkit tenaga listrik besar yang letaknya terpusat pada suatu lokasi tertentu.

Modul-modul DG tersebut dapat cepat beroperasi segera setelah dipasang pada lokasi. Masing-masing modul juga bersifat inpenden, jadi ketika satu modul mengalami kerusakan, maka modul yang lain dapat tetap bekerja secara normal. Hal inilah yang menyebabkan nilai keadaan unit DG yang lebih baik dibandingkan dengan pembangkit sentral pada umumnya. Berdasarkan teknologi pembangkitan yang digunakan, DG dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

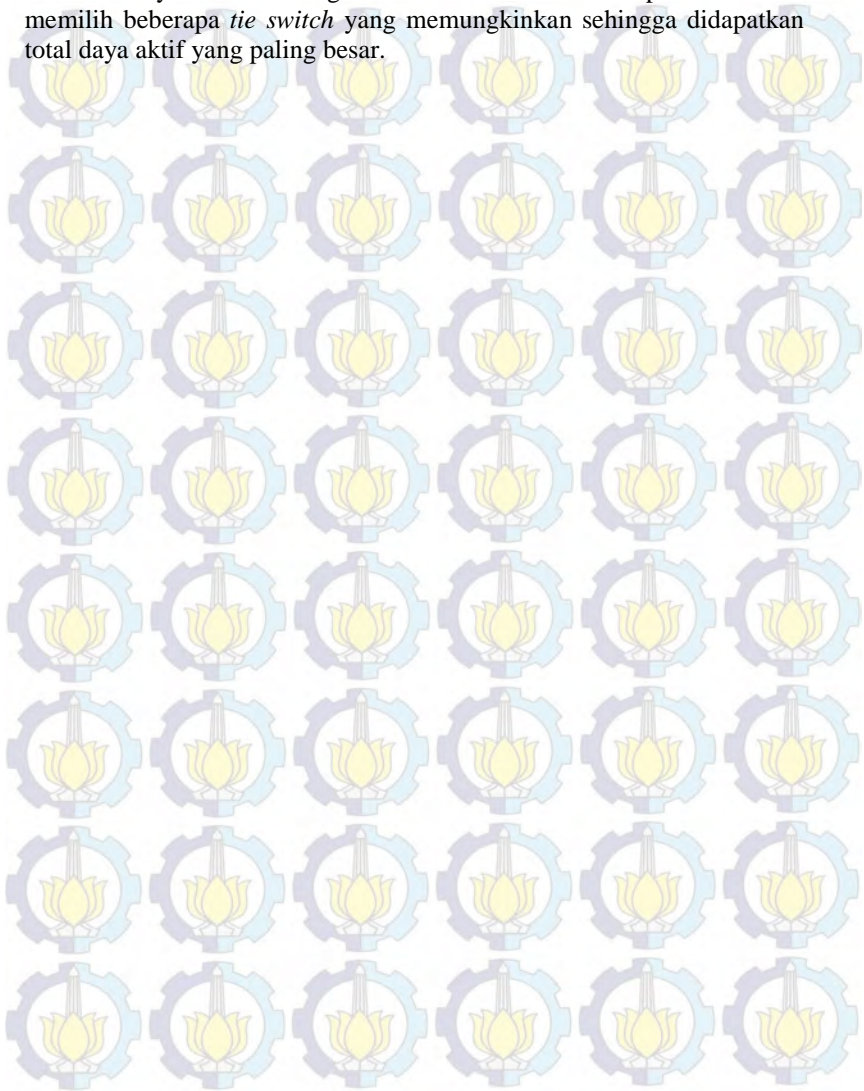
Tabel 2.2 Klasifikasi DG berdasarkan Teknologi pembangkitan[11]

Teknologi DG	Kapasitas per Modul
<i>Fossil Fuel</i>	
<i>Combined Cycle Gas Turbine (CCGT)</i>	35-400 MW
<i>Internal combustion engines</i>	5 kW-10 MW
<i>Combustion turbine</i>	1-250 MW
<i>Micro-Turbines</i>	35 kW-1 MW
<i>Renewable Resources</i>	
<i>Small hydro</i>	1-100 MW
<i>Micro hydro</i>	25 kW-1 MW
<i>Wind turbine</i>	200 Watt-3 MW
<i>Photovoltaic arrays</i>	20 Watt-1000 kW
<i>Solar terminal, central receiver</i>	1-10 MW
<i>Solar terminal, Lutz system</i>	10-80 MW
<i>Biomass, e.g. based on gastification</i>	100 kW-20 MW
<i>100 kW-20 MW</i>	X 200 kW-2 MW
<i>Fuel cells, solid oxide</i>	250 kW-2 MW
<i>Geothermal</i>	5-100 MW
<i>Ocean energy</i>	100 kW – 1 MW
<i>Stirling engine</i>	2 – 10 kW
<i>Battery storage</i>	500kW – 5 MW

2.5 Rekonfigurasi Jaringan [5]

Merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran (*switching*) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada

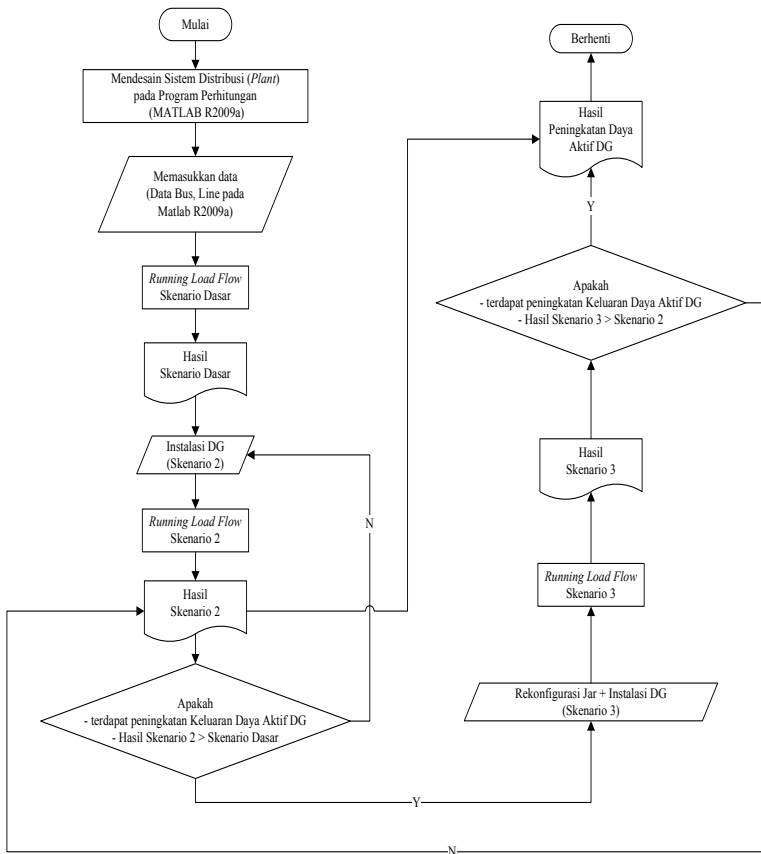
operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Pemodelannya adalah dengan membuka dan menutup *switch* dan memilih beberapa *tie switch* yang memungkinkan sehingga didapatkan total daya aktif yang paling besar.



BAB III

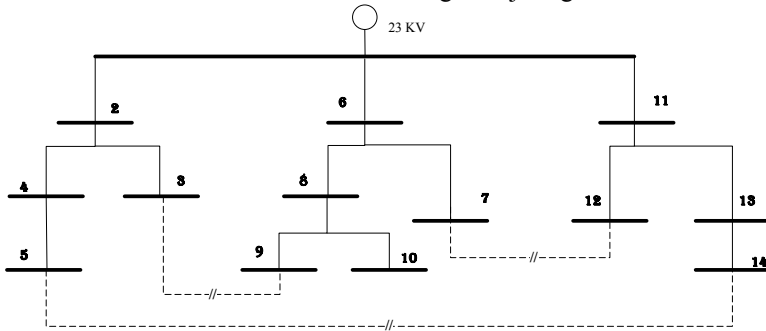
PERANCANGAN REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI DG

Pada bab ini akan dijelaskan tentang perancangan dari rekonfigurasi serta penentuan lokasi *distributed generation* (DG). Tahapan pengerjaan tugas akhir ini akan dijelaskan melalui *flowchart*.



Gambar 3.1 *Flowchart* Tugas Akhir

Dari gambar diatas dapat diketahui jika dalam pelaksanaan tugas akhir terdapat dua tahap untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG pada sistem. Langkah pertama adalah dengan cara pemasangan dan penentuan Lokasi DG. Setelah itu dilakukan rekonfigurasi jaringan.



Gambar 3.2 *Plant* tugas akhir

Dalam tugas akhir yang dikerjakan akan menggunakan *plant* IEEE 14 Bus. Rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG untuk mendapatkan peningkatan keluaran daya aktif dari DG yang dipasang pada bus tertentu. Langkah-langkah dalam perancangan untuk mendapatkan data yang akan dianalisa ini adalah pengumpulan data, simulasi *load flow* menggunakan metode *Newton Rhapson* , penentuan lokasi DG dengan metode kombinasi trial error, dan rekonfigurasi jaringan untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG. Tentu saja dengan skenario-skenario yang telah ditentukan sebelumnya dan terlihat pada hasil.

3.1 Data Sistem Distribusi 14 Bus

Data dibawah merupakan data *plant* IEEE 14 Bus . Data tersebut terdiri dari impedansi saluran, serta data beban pada Matlab R2009a. Data ini yang akan digunakan untuk analisa jaringan dan rekonfigurasi pada pengerjaan tugas akhir. Data disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data sistem jaringan distribusi IEEE 14 Bus [6]

CABANG		IMPEDANSI (Ohm)	
Dari	Ke	R	X
1	2	0,39675	0,52900

Tabel 3.1 (lanjutan)

CABANG		IMPEDANSI (Ohm)	
Dari	Ke	R	X
2	3	0,42320	0,58190
2	4	0,47610	0,95220
4	5	0,21160	0,21160
1	6	0,58190	0,58190
6	7	0,58190	0,58190
6	8	0,42320	0,58190
8	9	0,58190	0,58190
8	10	0,42320	0,58190
1	11	0,58190	0,58190
11	12	0,47610	0,63480
11	13	0,42320	0,58190
11	14	0,21160	0,21160
3	9	0,21160	0,21160
7	12	0,21160	0,21160
5	14	0,47610	0,63480

Tabel 3.2 Data beban [6]

No Bus	Beban	
	P(MW)	Q(MVar)
2	2,0	1,6
3	3,0	1,5
4	2,0	0,8
5	1,5	1,2
6	4,0	2,7
7	1,0	0,9

Tabel 3.2 (lanjutan)

No Bus	Beban	
	P(MW)	Q(MVar)
8	5,0	3,0
9	0,6	0,1
10	4,5	2,0
11	1,0	0,9
12	1,0	0,7
13	1,0	0,9
14	2,1	1,0

3.2 Metode *Newthon Rhapson*

Dalam pendefinisian daya pada sistem distribusi adalah beberapa bagian elemen yang saling interkoneksi antara sepasang titik. Secara sederhana perangkat daya yang paling umum dalam jaringan distribusi dapat diklasifikasikan dalam 3 tipe yaitu Sumber daya, saluran *feeder*, dan beban. Untuk menganalisa karakteristik sistem, diformulasikan daya kompleks sebagai berikut:

$$S^* = P - jQ = V \sum_{i=1}^n Y_i V_i \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana : S adalah daya kompleks

P adalah daya aktif

Q adalah daya reaktif

Dari persamaan tersebut didapat:

$$\left(\frac{S}{V} \right)^* = I = F + jH = \sum_{i=1}^n Y_i V_i \dots\dots\dots (3.2)$$

$$F_{cal} = \sum_{i=1}^n |Y_i V_i| \cos(\theta_1 + \delta_1) - \left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.3)$$

$$H_{cal} = \sum_{i=1}^n |Y_i V_i| \sin(\theta_1 + \delta_1) - \left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana : I adalah Arus kompleks
 F_{cal} adalah Arus nyata
 H_{cal} adalah Arus Reaktif

Sehingga, persamaan arus yang digunakan dalam metode *Newton-Rhapon* adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta F \\ \Delta H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F}{\partial \delta} & \frac{\partial F}{\partial V} \\ \frac{\partial H}{\partial \delta} & \frac{\partial H}{\partial V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix}$$

Dengan memperhatikan bahwa:

$$J_1 = \frac{\partial F}{\partial \delta}; J_2 = \frac{\partial F}{\partial V}; J_3 = \frac{\partial H}{\partial \delta}; J_4 = \frac{\partial H}{\partial V}$$

Sehingga didapatkan sub matrik J_1 - J_4

Sub-matriks J_1 :

$$\begin{aligned} J_1 &= \frac{\partial F}{\partial \delta} \\ &= \frac{\partial \left[|YV| \cos(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \right]}{\partial \delta} \\ &= \frac{\partial \left[|YV| \cos(\theta + \delta) \right]}{\partial \delta} - \frac{\partial \left[\left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \right]}{\partial \delta} \\ &= |YV| (-\sin(\theta + \delta)) - \left| \frac{S}{V} \right| (-\sin(\delta - \varphi)) \\ &= -|YV| \sin(\theta + \delta) + \left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.5) \end{aligned}$$

Sub-matriks J₂ :

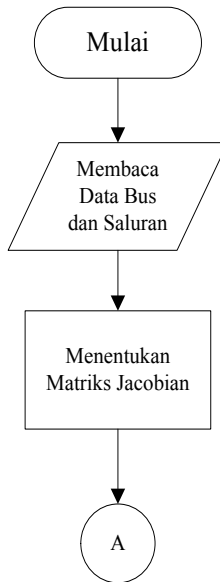
$$\begin{aligned}
 J_2 &= \frac{\partial F}{\partial V} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \cos(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \right]}{\partial V} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \cos(\theta + \delta) \right]}{\partial V} - \frac{\partial \left[\left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \right]}{\partial V} \\
 &= |Y| \cos(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V^2} \right| \cos(\delta - \varphi) \\
 &= |Y| \cos(\theta + \delta) + \left| \frac{S}{V^2} \right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.6)
 \end{aligned}$$

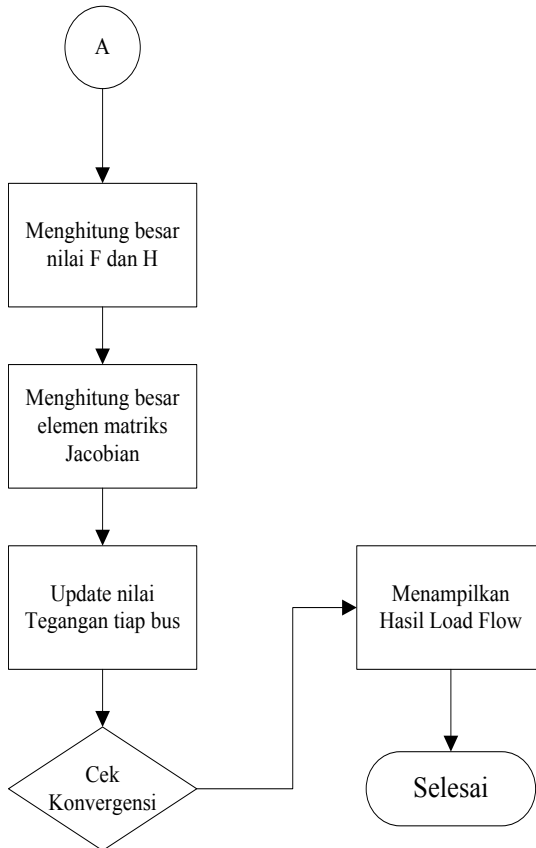
Sub-matriks J₃ :

$$\begin{aligned}
 J_3 &= \frac{\partial H}{\partial \delta} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \sin(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \right]}{\partial \delta} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \sin(\theta + \delta) \right]}{\partial \delta} - \frac{\partial \left[\left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \right]}{\partial \delta} \\
 &= |YV| \cos(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.7)
 \end{aligned}$$

Sub-matriks J_4 :

$$\begin{aligned}
 J_4 &= \frac{\partial H}{\partial V} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \sin(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \right]}{\partial V} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \sin(\theta + \delta) \right]}{\partial V} - \frac{\partial \left[\left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \right]}{\partial V} \\
 &= |Y| \sin(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V^2} \right| \sin(\delta - \varphi) \\
 &= |Y| \sin(\theta + \delta) + \left| \frac{S}{V^2} \right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.8)
 \end{aligned}$$





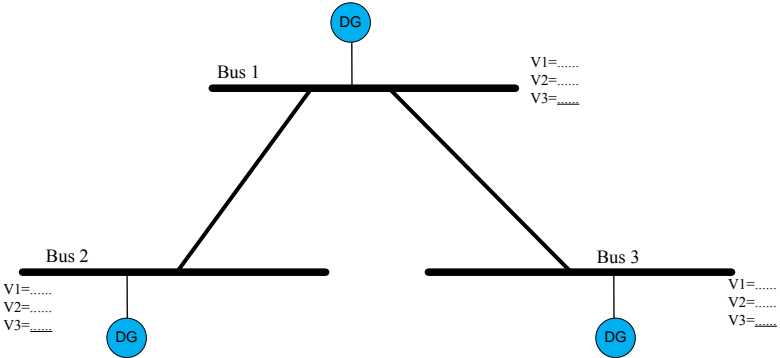
Gambar 3.3 *Flowchart Newton Rhapsom*

3.3 Penentuan Lokasi DG

Setelah melakukan *running* program *Load Flow* , sehingga dapat diketahui bus bus mana saja yang memiliki daya aktif rendah. Oleh karena itu diperlukan pemasangan DG dan menentukan lokasinya.

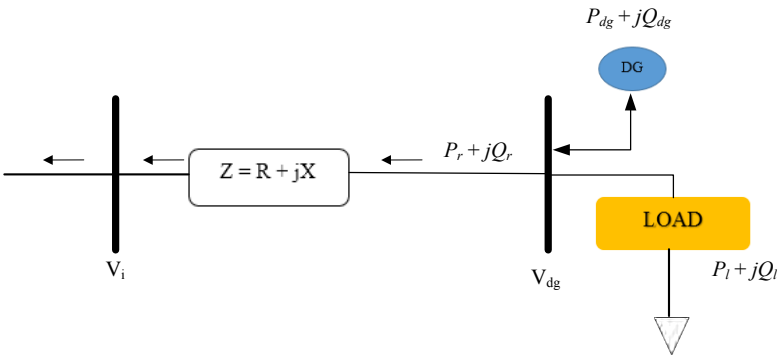
Langkah dalam pemasangan DG pada sistem distribusi radial adalah dengan kombinasi trial error dengan penempatan DG pada semua bus. Kemudian dengan melihat keadaan tegangan, sedikit demi sedikit menaikkan kapasitas DG sampai keadaan tegangan pada sistem menjadi

normal. Apabila tegangan sistem telah normal, maka nilai kapasitas DG tersebut merupakan keluaran aktif DG pada bus yang bersangkutan. Apabila kenaikan DG sampai melebihi rating dan tegangan belum juga normal, maka disarankan untuk mengganti dari lokasi DG pada bus yang lain. Adapun bentuk gambar sebagai berikut:



Gambar 3.4 Penentuan Lokasi DG

Kemudian langkah untuk menginjeksi DG pada Bus, akan ditunjukkan gambar di bawah ini,



Gambar 3.5 Jaringan 2 bus dengan DG

Total injeksi Daya :

$$S_r = P_r + jQ_r \dots\dots\dots (3.9)$$

$$S_r = P_{dg} + jQ_{dg} - P_l - jQ_l \dots\dots\dots (3.10)$$

Persamaan diatas dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$S_r = I_r * V_{dg} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$S_r = I_r V_{dg}^* \dots\dots\dots (3.12)$$

3.4 Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi DG

Ini merupakan skenario terakhir untuk mendapatkan peningkatan dari keluaran daya aktif DG, yaitu rekonfigurasi jaringan setelah penentuan lokasi DG. Untuk sebelumnya hanya penentuan lokasi DG, dimana hasilnya akan diolah lagi dengan skenario ini.

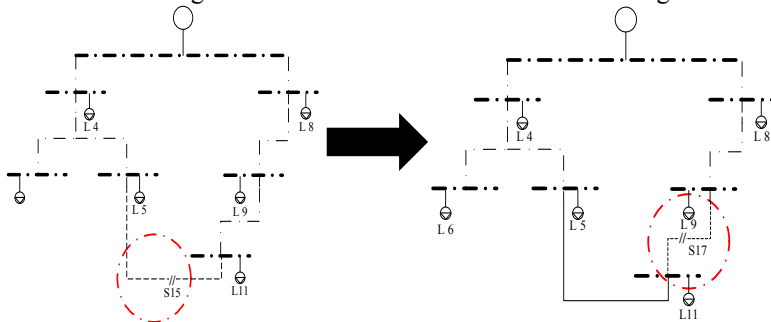
Untuk rekonfigurasi ini diperlukan 3 *tie switch* terbuka (baik *Normally Open/Normally Close*) dengan alasan sistem distribusi tersebut seolah-olah terdapat 3 *loop*, dengan sistem ini tetap radial. Adapun kombinasi 3 *tie switch* membuka adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Kombinasi *tie switch*

Kombinasi	<i>Tie Switch</i>		Keterangan
	Tutup	Buka	
1	15	19	1 <i>switch</i>
2	21	24	1 <i>switch</i>
3	26	13	1 <i>switch</i>
4	21, 26	13,17	2 <i>switch</i>
5	15,26	13,19	2 <i>switch</i>
6	15,21	19,17	2 <i>switch</i>

Sebelum Rekonfigurasi

Setelah Rekonfigurasi

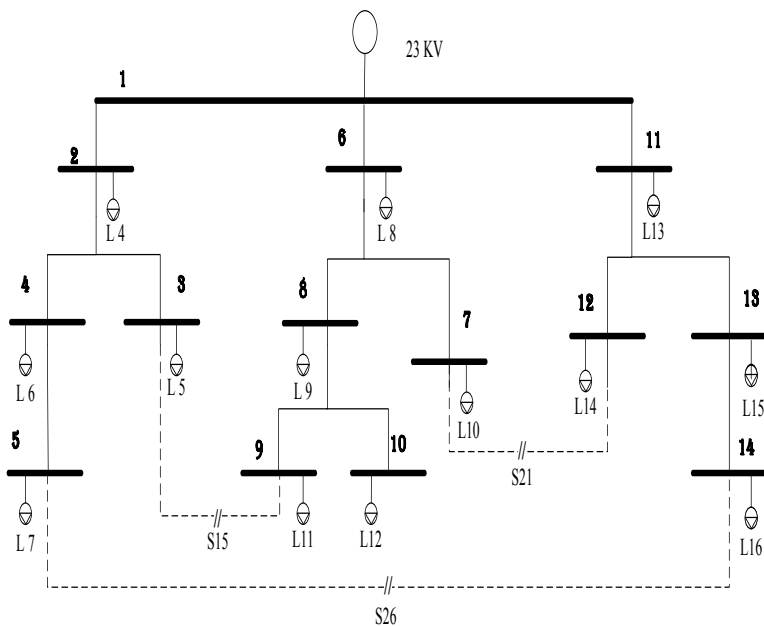


BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bab 4 ini, akan dibahas mengenai simulasi dan analisis dengan menggunakan matlab pada plan *IEEE 14 Bus* dengan 3 *Tie Switch*. Simulasi pertama dipergunakan untuk penempatan lokasi *Distribution Generator* (DG) untuk mendapatkan peningkatan daya. Setelah itu, simulasi kedua adalah melakukan konfigurasi ulang pada jaringan sehingga didapat jaringan yang baru.

4.1 Sistem Jaringan Distribusi IEEE 14 Bus

Sistem Jaringan distribusi IEEE 14 Bus yang diuji memiliki total beban 28,7 MW, 17,3Mvar. Dengan $kV_{base} = 23 \text{ kV}$ dan $S = 1 \text{ MVA}$. Adapun Sistem tersebut ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Sistem Jaringan Distribusi IEEE 14 Bus

Simulasi menggunakan *software* MATLAB, dengan perolehan data-data dari *paper* tersebut. Beberapa data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. *Single line diagram*
2. Data saluran
3. Data beban

Hasil simulasi didapatkan nilai tegangan, arus, rugi-rugi daya, daya aktif, daya reaktif, serta faktor daya.

4.2 Sistem Sebelum Penentuan Lokasi DG

Sistem yang akan di uji pada Tugas Akhir ini adalah IEEE 14 Bus dengan 23 KV. Berikut merupakan data saluran dan data beban:

Tabel 4.1 Data sistem jaringan distribusi IEEE 14 Bus[6]

CABANG		IMPEDANSI (Ohm)	
Dari	Ke	R	X
1	2	0,39675	0,52900
2	3	0,42320	0,58190
2	4	0,47610	0,95220
4	5	0,21160	0,21160
1	6	0,58190	0,58190
6	7	0,58190	0,58190
6	8	0,42320	0,58190
8	9	0,58190	0,58190
8	10	0,42320	0,58190
1	11	0,58190	0,58190
11	12	0,47610	0,63480
11	13	0,42320	0,58190
11	14	0,21160	0,21160
3	9	0,21160	0,21160
7	12	0,21160	0,21160
5	14	0,47610	0,63480

Tabel 4.2 Data beban[6]

No Bus	Beban	
	P(MW)	Q(MVar)
2	2,0	1,6
3	3,0	1,5
4	2,0	0,8
5	1,5	1,2
6	4,0	2,7
7	5,0	3,0
8	1,0	0,9
9	0,6	0,1
10	4,5	2,0
11	1,0	0,9
12	1,0	0,7
13	1,0	0,9
14	2,1	1,0

4.2.1 Simulasi Sebelum Instalasi DG

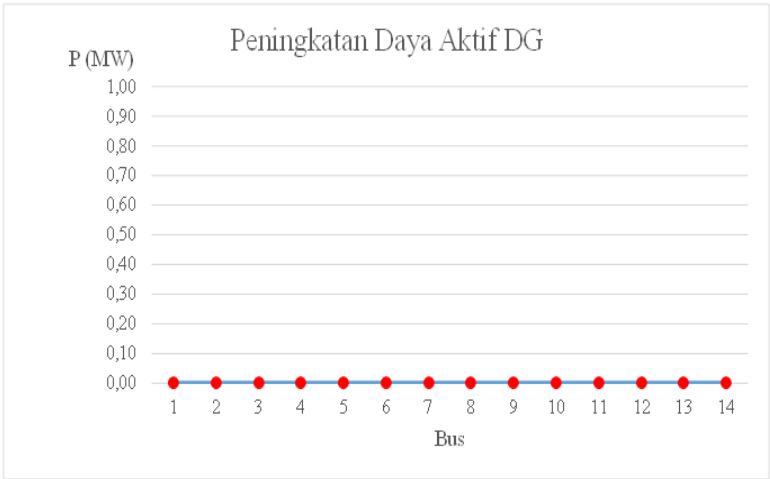
Dari hasil aliran daya didapatkan analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil simulasi aliran daya

BUS	PENINGKATAN DAYA
1	0,000
2	0,000
3	0,000
4	0,000
5	0,000
6	0,000
7	0,000
8	0,000

Tabel 4.3 (Lanjutan)

BUS	PENINGKATAN DAYA
9	0,000
10	0,000
11	0,000
12	0,000
13	0,000
14	0,000



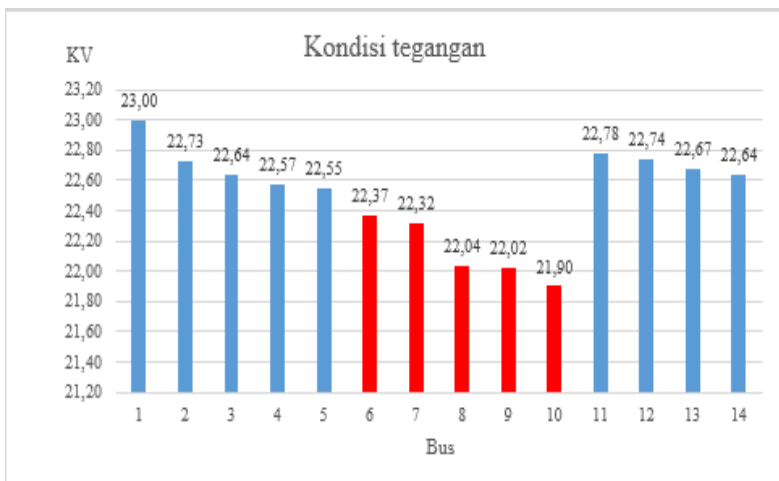
Gambar 4.2 Peningkatan Daya sebelum Penentuan Lokasi DG

Tabel 4.4 Kondisi tegangan sistem awal

BUS	Teagangan (KV)
1	23,00
2	22,73
3	22,64
4	22,57
5	22,55

Tabel 4.4 (Lanjutan)

6	22,37
7	22,32
8	22,04
9	22,02
10	21,90
11	22,78
12	22,74
13	22,67
14	22,64



Gambar 4.3 Kondisi Tegangan sebelum Penentuan Lokasi DG

Setelah dilakukan simulasi aliran daya menggunakan software matlab r2009a, maka didapatkan nilai Peningkatan Daya sebesar 0 MW, dikarenakan semua beban pada bus menyerap daya dan terdapat 5 bus yang mempunyai kondisi *marginal* pada bus 6 sampai 10. Sehingga dibutuhkan suatu cara untuk meningkatkan daya aktif yaitu dengan penentuan lokasi DG pada beberapa bus sesuai skenario yang telah ditentukan pada plant 14 Bus tersebut.

4.3 Sistem pada saat Penentuan Lokasi DG

Bus 6 sampai bus 10 mempunyai data dengan kondisi tegangan *marginal* dibandingkan dengan bus yang lain. Sehingga diperlukan suplai tambahan daya aktif dari DG, dengan tujuan dapat menjaga kondisi tegangan agar tetap aman. Maka diperlukan *Distributed Generation* (DG) berjumlah 1 buah dengan kapasitas 18 MW. Adapun penempatan DG pada seluruh bus tersebut adalah:

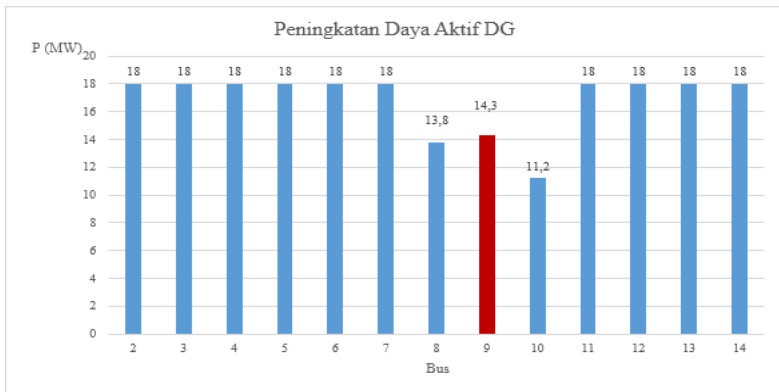
4.3.1 Penentuan Lokasi 1 DG

Data penentuan lokasi 1 DG akan disajikan sebagai berikut:

Tabel 4.5 Pemasangan DG pada masing-masing Bus

PEMASANGAN DG PADA BUS	KELUARAN DAYA AKTIF DG (MW)	KETERANGAN
2	18	Tegangan Tidak Aman
3	18	Tegangan Tidak Aman
4	18	Tegangan Tidak Aman
5	18	Tegangan Tidak Aman
6	18	Tegangan Tidak Aman
7	18	Tegangan Tidak Aman
8	13,8	Tegangan Aman
9	14,3	Lokasi yang dipilih
10	11,2	Tegangan Aman
11	18	Tegangan Tidak Aman
12	18	Tegangan Tidak Aman
13	18	Tegangan Tidak Aman
14	18	Tegangan Tidak Aman

Terlihat dari tabel di atas yang merupakan peningkatan daya aktif daya DG terdapat terdapat pada 3 bus yaitu bus 8, bus 9, dan bus 10. Hanya saja pada bus 9 dengan peningkatan 14,3 MW merupakan peningkatan yang paling signifikan karena mendekati rating DG. Selain dari ketiga bus tersebut, lokasi penempatan DG tidak disarankan karena dayanya melebihi rating dari kapasitas DG dan tegangan jauh dari kondisi aman. Adapun grafiknya disajikan seperti di bawah ini:

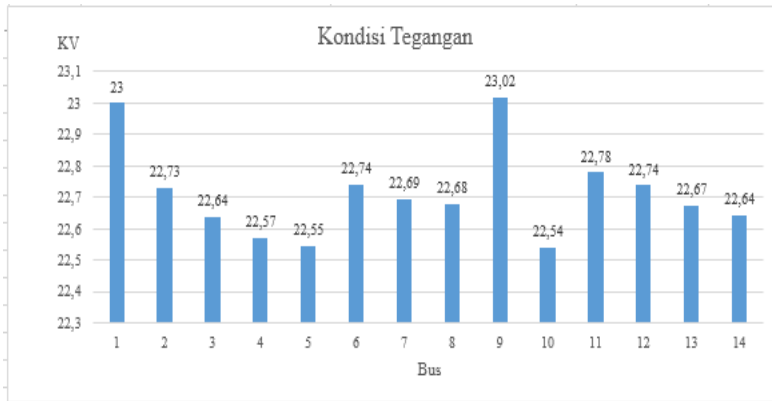


Gambar 4.4 Peningkatan Daya Aktif setelah Penentuan Lokasi 1 DG

Selain peningkatan daya aktif, maka harus ditinjau juga dari kondisi tegangan, apakah aman atau belum. Maka data tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 4.6 Kondisi tegangan setelah penentuan Lokasi 1 DG

BUS	TEGANGAN (KV)
2	22,73
3	22,64
4	22,57
5	22,55
6	22,74
7	22,69
8	22,68
9	23,02
10	22,54
11	22,78
12	22,74
13	22,67
14	22,64



Gambar 4.5 Kondisi tegangan setelah Penentuan Lokasi 1 DG

Dari grafik diatas terlihat bahwa semua kondisi tegangan pada masing- masing bus telah aman, jika dibandingkan dengan sebelum penambahan lokasi DG. Pada saat sebelum penentuan lokasi DG, bus 6 sampai 10 mengalami kondisi *marginal*, maka harus dinormalkan kembali. Oleh karena itu dengan adanya penambahan DG mempunyai peran yang penting dalam mengamankan kondisi tegangan tersebut.

4.3.2 Penentuan Lokasi 2 DG

Data penentuan lokasi 1 DG akan disajikan sebagai berikut:

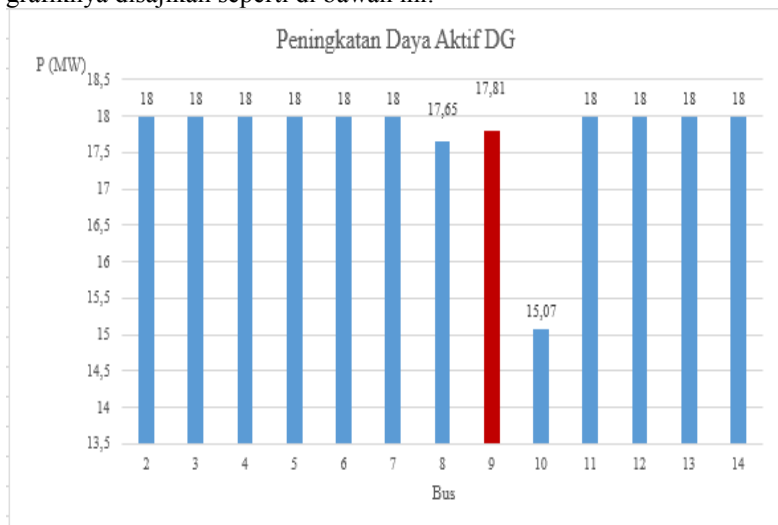
Tabel 4.7 Pemasangan 2 DG pada masing-masing Bus

PEMASANGAN DG 1 PADA BUS	PEMASANGAN DG 2 PADA BUS	KELUARAN DAYA AKTIF DG (MW)	KETERANGAN
7	2	18	Tegangan Tidak Aman
7	3	18	Tegangan Tidak Aman
7	4	18	Tegangan Tidak Aman
7	5	18	Tegangan Tidak Aman
7	6	18	Tegangan Tidak Aman
7	7	18	Tegangan Tidak Aman
7	8	17,65	Tegangan Aman
7	9	17,81	Lokasi yang dipilih
7	10	15,07	Tegangan Aman

Tabel 4.7 (Lanjutan)

PEMASANGAN DG 1 PADA BUS	PEMASANGAN DG 2 PADA BUS	KELUARAN DAYA AKTIF DG (MW)	KETERANGAN
7	11	18	Tegangan Tidak Aman
7	12	18	Tegangan Tidak Aman
7	13	18	Tegangan Tidak Aman
7	14	18	Tegangan Tidak Aman

Terlihat dari tabel di atas yang merupakan peningkatan daya aktif daya DG dimana pemasangan DG 1 pada bus 7 dan DG 2 pada 3 bus yaitu bus 8, bus 9, dan bus 10 dari 169 kombinasi. Hanya saja pada bus 9 dengan peningkatan 17,81 MW merupakan peningkatan yang paling signifikan karena mendekati rating DG. Selain dari ketiga bus tersebut, lokasi penempatan DG tidak disarankan karena dayanya melebihi rating dari kapasitas DG dan tegangan jauh dari kondisi aman. Adapun grafiknya disajikan seperti di bawah ini:

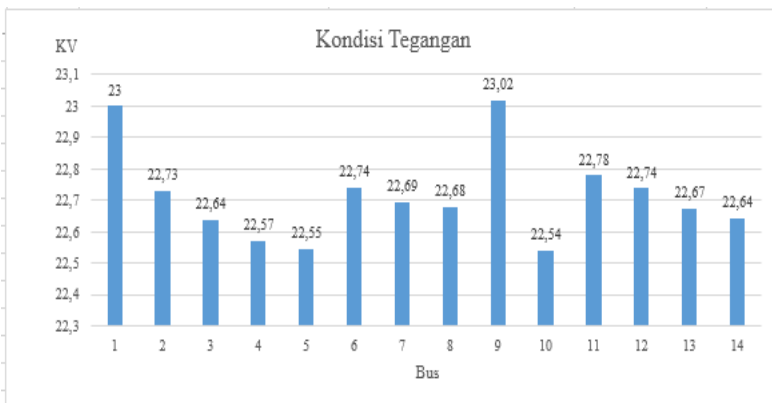


Gambar 4.6 Peningkatan Daya Aktif setelah Penentuan Lokasi 2 DG

Selain peningkatan daya aktif, maka harus ditinjau juga dari kondisi tegangan, apakah aman atau belum. Maka data tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 4.8 Kondisi tegangan setelah penentuan Lokasi 2 DG

BUS	TEGANGAN (KV)
1	23,00
2	22,73
3	22,64
4	22,57
5	22,55
6	22,84
7	22,79
8	22,68
9	22,66
10	22,54
11	22,78
12	22,74
13	22,67
14	22,64



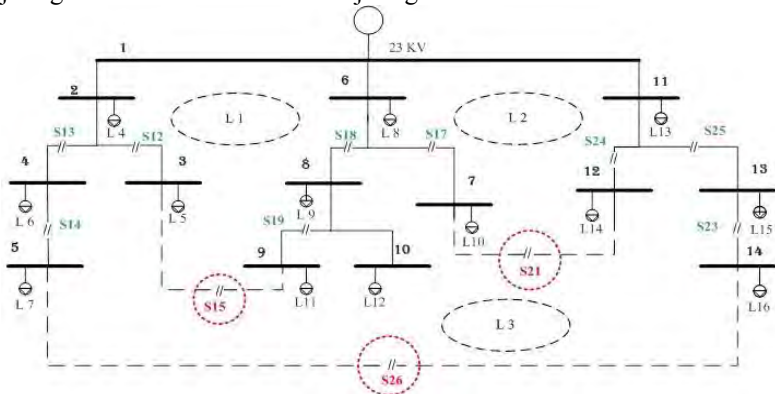
Gambar 4.7 Kondisi tegangan setelah Penentuan Lokasi 2 DG

Dari grafik diatas terlihat bahwa semua kondisi tegangan pada masing- masing bus telah aman, jika dibandingkan dengan sebelum penambahan lokasi DG. Pada saat sebelum penentuan lokasi DG, bus 6

sampai 10 mengalami kondisi *marginal*, maka harus dinormalkan kembali. Oleh karena itu dengan adanya penambahan DG mempunyai peran yang penting dalam mengamankan kondisi tegangan tersebut.

4.4 Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi DG

Untuk merekonfigurasi jaringan maka dipasang *tie switch* untuk merubah bentuk jaringan sehingga mempengaruhi aliran daya dari jaringan tersebut. Berikut adalah jaringan distribusi IEEE 14 Bus.



Gambar 4.8 Sistem Distribusi IEEE 14 Bus dengan penambahan *tie switch*

Tabel 4.9 Data saluran dengan *tie switch*

Cabang			IMPEDANSI (Ohm)	
No	Dari	Ke	R	X
1	1	2	0,39675	0,52900
2	2	3	0,42320	0,58190
3	2	4	0,47610	0,95220
4	4	5	0,21160	0,21160
5	1	6	0,58190	0,58190
6	6	7	0,58190	0,58190
7	6	8	0,42320	0,58190
8	8	9	0,58190	0,58190
9	8	10	0,42320	0,58190

Tabel 4.9 (Lanjutan)

Cabang			IMPEDANSI (Ohm)	
No	Dari	Ke	R	X
10	1	11	0,58190	0,58190
11	11	12	0,47610	0,63480
12	11	13	0,42320	0,58190
13	11	14	0,21160	0,21160
<i>Tie Switch 1</i>	3	9	0,21160	0,21160
<i>Tie Switch 2</i>	7	12	0,21160	0,21160
<i>Tie Switch 3</i>	5	14	0,47610	0,63480

4.4.1 Kombinasi Menggunakan *Tie Switch*

Terdapat beberapa kombinasi sederhana dari pemasangan *tie switch* itu sendiri yaitu:

Kombinasi 1 : *Tie Switch* 15 ditutup dan *Tie Switch* 19 dibuka

Kombinasi 2 : *Tie Switch* 21 ditutup dan *Tie Switch* 24 dibuka

Kombinasi 3 : *Tie Switch* 26 ditutup dan *Tie Switch* 13 dibuka

Kombinasi 4 : *Tie Switch* 21, 26 ditutup dan *Tie Switch* 13, 17 dibuka

Kombinasi 5 : *Tie Switch* 15, 26 ditutup dan *Tie Switch* 13, 19 dibuka

Kombinasi 6 : *Tie Switch* 15, 21 ditutup dan *Tie Switch* 19, 17 dibuka

Adapun perbandingan dari keenam kombinasi diatas dengan 2 *tie switch*, akan disajikan seperti tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 4.10 Perbandingan kombinasi *tie switch*

Bus	<i>Initial Condition</i> Magnitude (kV)	Kombinasi 1 Magnitude (kV)	Kombinasi 2 Magnitude (kV)	Kombinasi 3 Magnitude (kV)	Kombinasi 4 Magnitude (kV)
1	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00
2	22,73	22,87	22,73	22,84	22,84
3	22,64	22,93	22,64	22,74	22,74
4	22,57	22,71	22,57	22,20	22,15

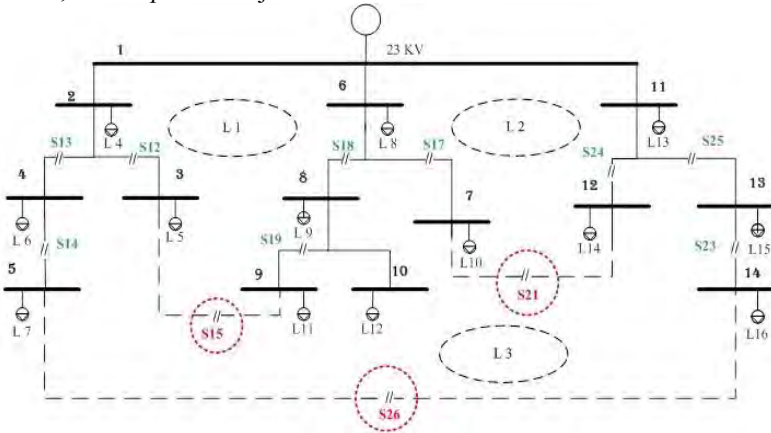
Tabel 4.10 (Lanjutan)

Bus	<i>Initial Condition</i>	Kombinasi 1	Kombinasi 2	Kombinasi 3	Kombinasi 4
	Magnitude (kV)	Magnitude (kV)	Magnitude (kV)	Magnitude (kV)	Magnitude (kV)
5	22,55	22,69	22,55	22,22	22,17
6	22,37	22,63	22,81	22,33	22,38
7	22,32	22,81	22,95	22,28	22,47
8	22,04	22,31	22,67	21,95	22,01
9	22,02	23,00	22,88	21,94	21,99
10	21,90	22,18	22,54	21,78	21,83
11	22,78	22,78	22,82	22,63	22,58
12	22,74	22,74	22,93	22,59	22,49
13	22,67	22,67	22,72	22,40	22,35
14	22,64	22,64	22,69	22,32	22,27

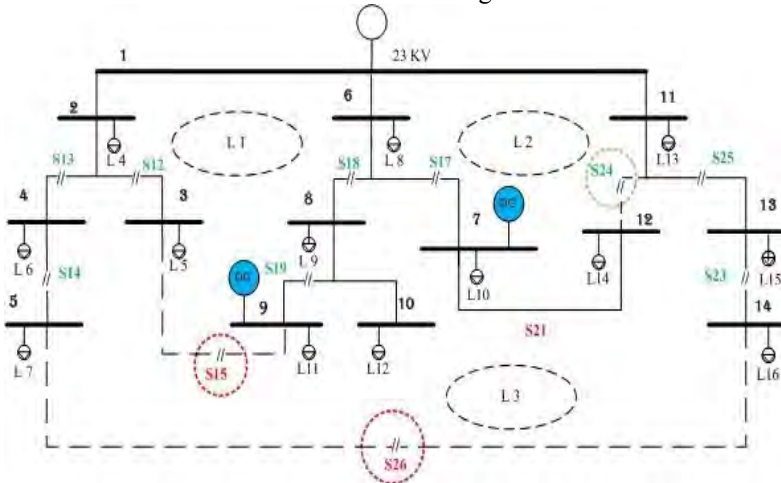
Tabel 4.10 (lanjutan)

Bus	Kombinasi 5 Magnitude (kV)	Kombinasi 6 Magnitude (kV)	Kombinasi 7 Magnitude (kV)
1	23,00	23,00	23,00
2	22,82	22,71	22,77
3	22,72	22,60	22,66
4	22,20	22,55	22,69
5	22,22	22,53	22,39
6	22,35	22,40	22,40
7	22,30	22,62	22,55
8	21,99	22,04	22,04
9	22,71	22,60	22,65
10	21,81	21,86	21,86
11	22,63	22,73	22,65
12	22,59	22,64	22,57
13	22,40	22,62	22,49
14	22,323	22,594	22,436

Dilihat dari data diatas, maka dipilih kombinasi 2 dimana *tie switch* 21 ditutup dan *tie switch* 24 dibuka, sehingga switch yang terbuka adalah 15, 24, 26. Kemudian penempatan DG pada Bus 7 dan Bus 9, bentuk *plant* menjadi



Gambar 4.9 Bentuk sistem sebelum rekonfigurasi

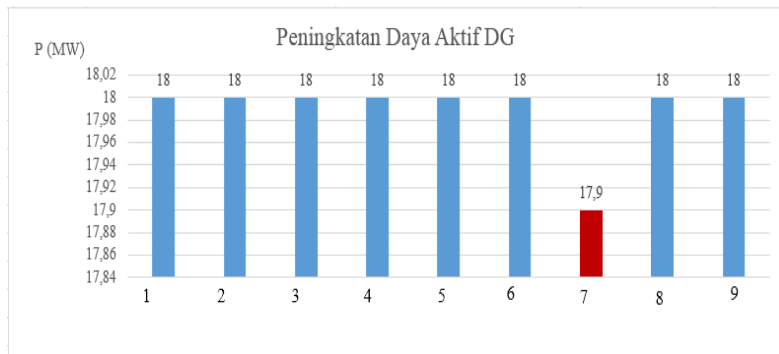


Gambar 4.10 Bentuk sistem setelah rekonfigurasi

Kemudian dari *plant* diatas, DG dipasang pada setiap bus, sehingga hasil *running* program disajikan seperti berikut:

Tabel 4.11 Peningkatan Daya Aktif DG dengan Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan lokasi DG pada masing-masing Bus

Pembukaan <i>Tie Switch</i>	Penutupan <i>Tie Switch</i>	Keluaran Daya Aktif DG (MW)	Keterangan
12	15	18	Tegangan tidak aman
13	26	18	Tegangan tidak aman
14	26	18	Tegangan tidak aman
17	21	18	Tegangan tidak aman
18	15	18	Tegangan tidak aman
19	15	18	Tegangan tidak aman
24	21	17,9	Rekonfigurasi yang dipilih
25	26	18	Tegangan tidak aman
23	26	18	Tegangan tidak aman



Gambar 4.11 Bentuk grafik peningkatan daya aktif DG dengan rekonfigurasi jaringan setelah penentuan lokasi DG

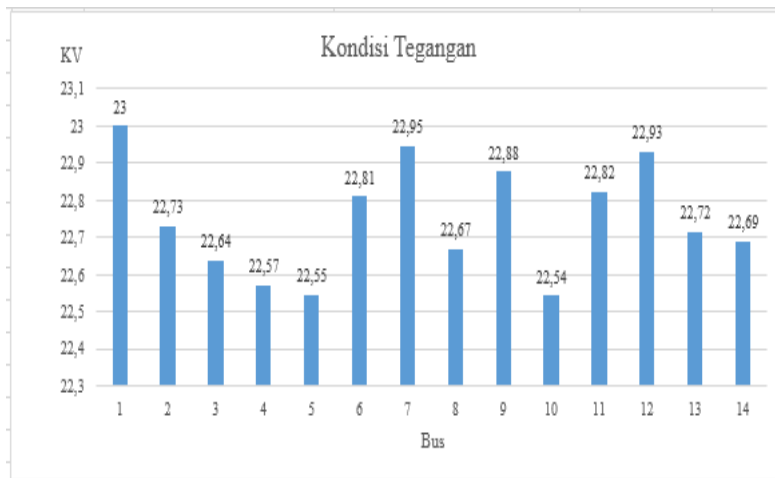
Dari hasil diatas, hasil yang memungkinkan untuk skenario ini adalah dengan pembukaan *Tie Switch* 15, 24, 26 dan penambahan DG (DG1 = 9MW, DG2 = 8,9MW) mempunyai nilai 17,9 MW dari 61 kombinasi yang mana hampir mendekati rating dari DG, sehingga kesimpulannya adalah rekonfigurasi yang dipilih. Selain harus diperhatikan pula kondisi tegangan pada seluruh sistem.

Tabel 4.12 Kondisi tegangan Rekonfigurasi setelah penentuan DG

BUS	TEGANGAN (KV)
1	23,00
2	22,72
3	22,61

Tabel 4.12 (lanjutan)

BUS	TEGANGAN (KV)
4	22,56
5	22,54
6	22,77
7	22,72
8	22,72
9	22,60
10	22,54
11	22,78
12	22,74
13	22,67
14	22,64



Gambar 4.12 Bentuk grafik kondisi tegangan dengan rekonfigurasi setelah penambahan DG

Setelah mengalami rekonfigurasi dan penambahan DG terlihat bahwa kondisi tegangan aman pada seluruh bus. Hal itu dapat terlihat dari bus 1 sampai 14 diatas tegangan *marginal* yaitu 22,54 KV.

Tabel 4.13 Perbandingan Peningkatan Daya Aktif

Peningkatan Daya Aktif	
Skenario	Peningkatan Daya Aktif
Case 1	0 MW
Case 2 (1 DG)	14,3 MW
Case 2 (2 DG)	17,81 MW
Case 3	17,9 MW

Kesimpulan yang dapat diambil dengan pengamatan pada grafik diatas adalah peningkatan daya aktif pada skenario 1 sebesar 0 MW, kemudian pada skenario 2 (penambahan 1 DG) sebesar 14,3 MW . Untuk penambahan 2 DG sebesar 17,81 MW dan pada skenario 3 (rekonfigurasi jaringan dan penambahan DG secara simultan) sebesar 17,9 MW.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan selama proses simulasi dan analisa data dalam Tugas Akhir ini dengan Judul “Studi Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi *Distributed Generation* (DG) Pada Sistem Distribusi Radial 3 Fasa Metode *Newton Rhapson* Untuk Meningkatkan Keluaran Aktif DG”, dengan menggunakan *plant* sistem distribusi IEEE 14 Bus, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran agar dapat bermanfaat bagi orang-orang yang membacanya.

5.1 Kesimpulan

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan metode *Newton-Rhapson* dapat digunakan sebagai solusi dari studi rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG.
2. Dengan pemasangan DG pada bus-bus yang memiliki beban terbesar pada *plant*, maka didapat peningkatan daya aktif pada bus tersebut, sehingga beban dapat tersuplai daya.
3. Pada saat sebelum pemasangan DG, peningkatan daya aktif sebesar 0 MW, namun keluaran daya aktif meningkat sebesar 14,3 MW setelah pemasangan 1 DG dan meningkat sebesar 17,81 MW setelah pemasangan 2 DG
4. Melakukan rekonfigurasi jaringan dengan membuka atau menutup *switch* pada saluran serta memperhatikan aliran daya. Dengan memperhatikan setiap bus masih tersuplai daya maka jumlah bus yang tersuplai seperti jumlah bus pada awalnya dan sistem dijaga agar tetap radial.
5. Peningkatan daya aktif setelah rekonfigurasi setelah pemasangan DG sebesar 17,9 MW

5.2 Saran

Beberapa saran untuk perbaikan serta pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

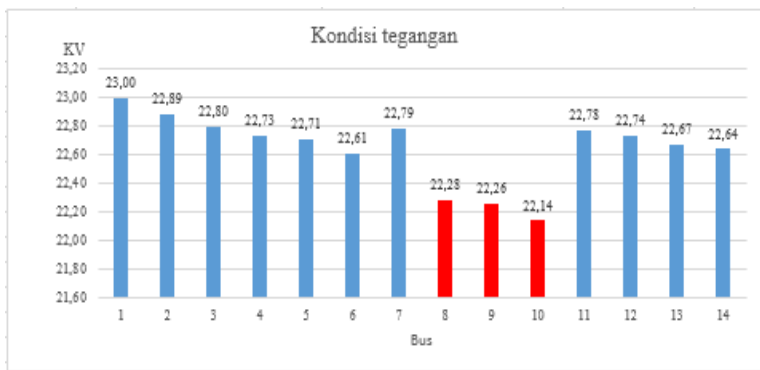
1. Untuk penyempurnaan sistem ini dipilih *plant* dengan bus yang lebih banyak agar dapat dijadikan pembandingan dengan bus yang sedikit, sehingga keakurasian sistem ini menjadi lebih baik, baik dari jumlah DG yang dipasang, maupun *switch* buka-tutup.

2. Perlu menggunakan *real plant* semisal PLN, agar sistem ini juga dapat diaplikasikan d industri kelistrikan.
3. Pemasangan DG hanya mempertimbangkan keluaran daya aktif DG, maka kedepannya juga harus mempertimbangkan efisiensi DG (biaya pembelian maupun pemasangan tersebut).
4. Perlu menggunakan *Artificial Intelegent* dalam penentuan lokasi maupun rekonfigurasi serta penentuan lokasi secara simultan agar dapat diperoleh hasil yang cepat.

LAMPIRAN PENENTUAN LOKASI 2 DG (maks 9 MW)

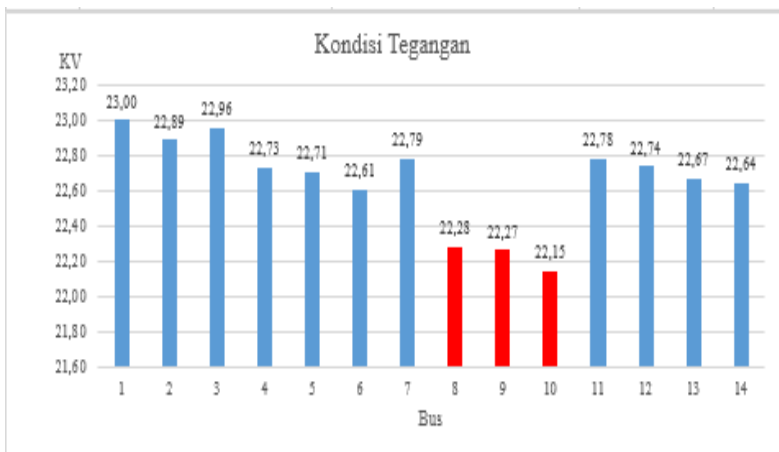
1. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 2)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,89	Normal
3	22,80	Normal
4	22,73	Normal
5	22,71	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,26	marginal
10	22,14	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



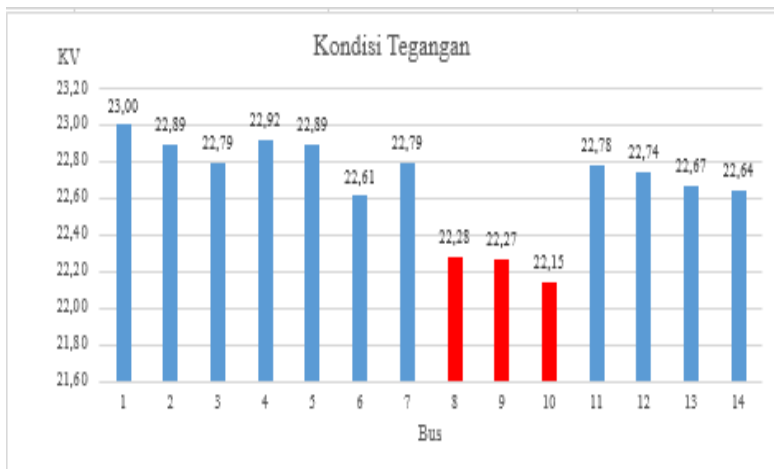
2. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 3)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,89	Normal
3	22,96	Normal
4	22,73	Normal
5	22,71	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



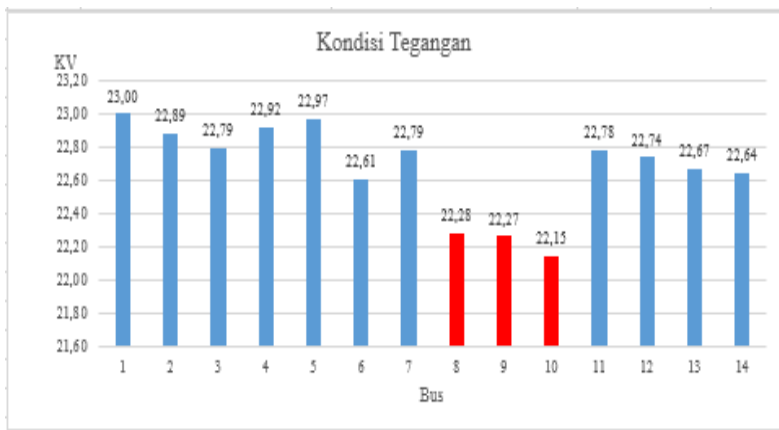
3. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 4)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,89	Normal
3	22,79	Normal
4	22,92	Normal
5	22,89	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



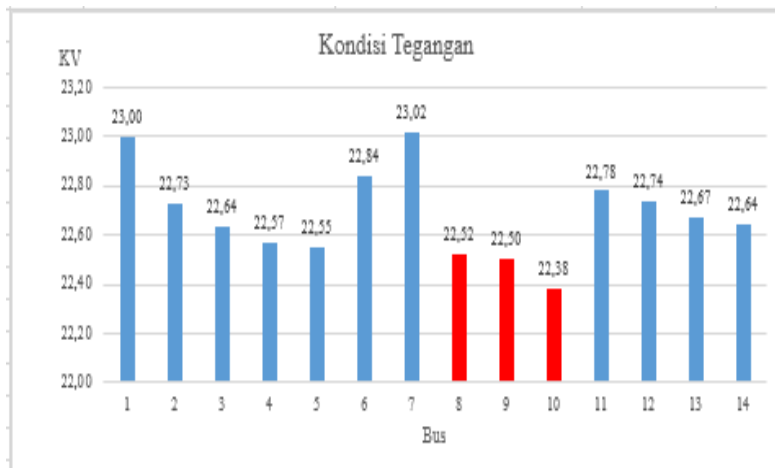
4. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 5)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,89	Normal
3	22,79	Normal
4	22,92	Normal
5	22,97	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



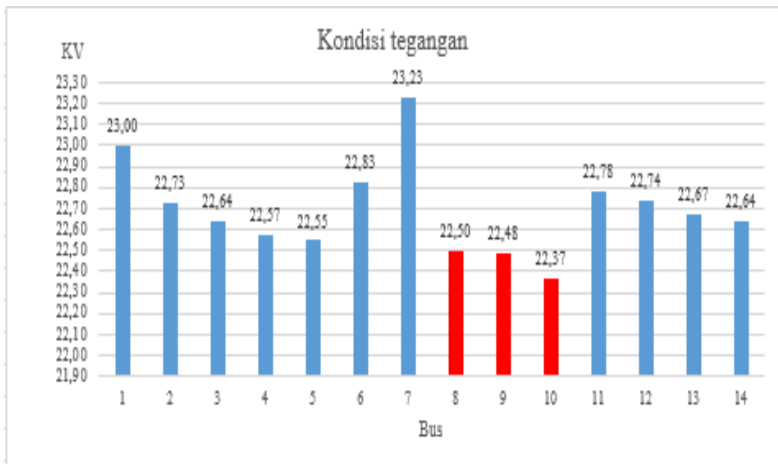
5. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 6)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,84	Normal
7	23,02	Normal
8	22,52	marginal
9	22,50	marginal
10	22,38	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



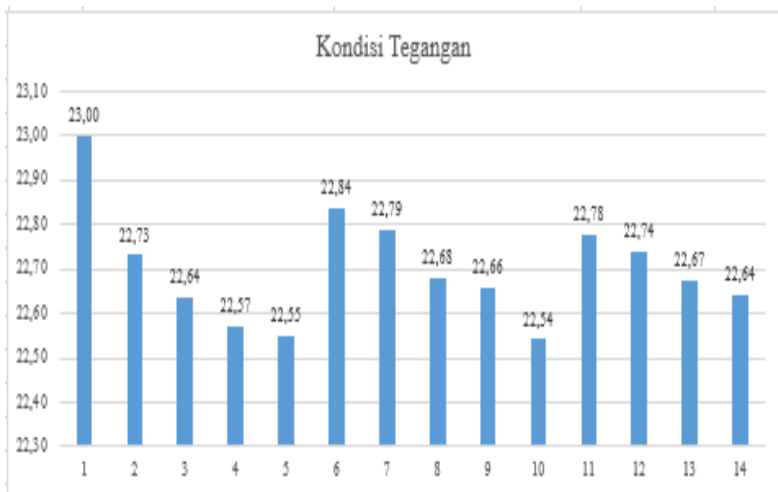
6. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 7)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,83	Normal
7	23,23	Normal
8	22,50	marginal
9	22,48	marginal
10	22,37	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



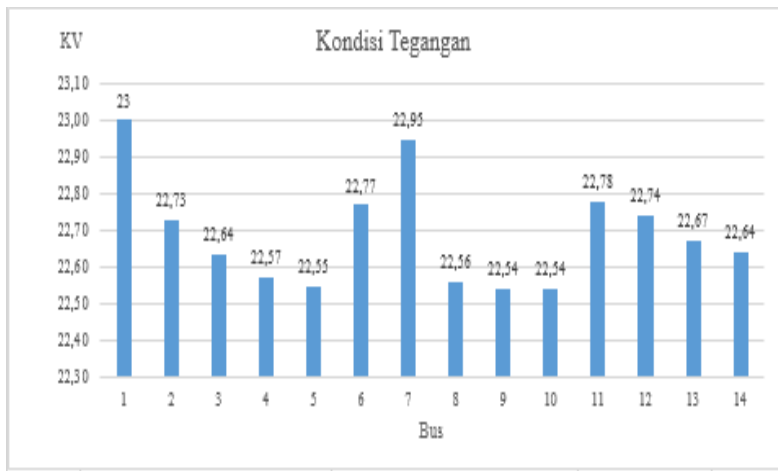
7. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 8)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,84	Normal
7	22,79	Normal
8	22,68	Normal
9	22,66	Normal
10	22,54	Normal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



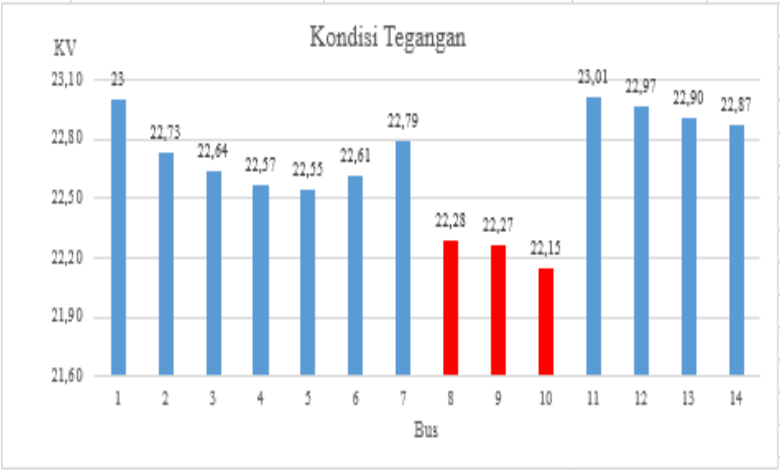
8. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 10)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,77	Normal
7	22,95	Normal
8	22,56	Normal
9	22,54	Normal
10	22,54	Normal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



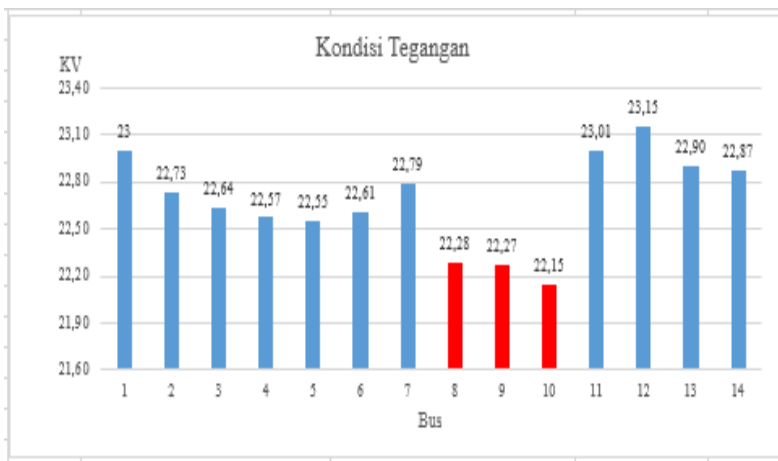
9. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 11)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	23,01	Normal
12	22,97	Normal
13	22,90	Normal
14	22,87	Normal



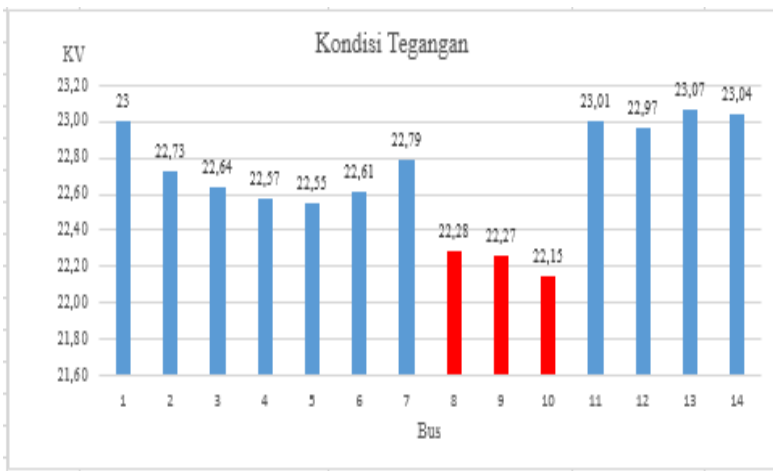
10. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 12)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	23,01	Normal
12	23,15	Normal
13	22,90	Normal
14	22,87	Normal



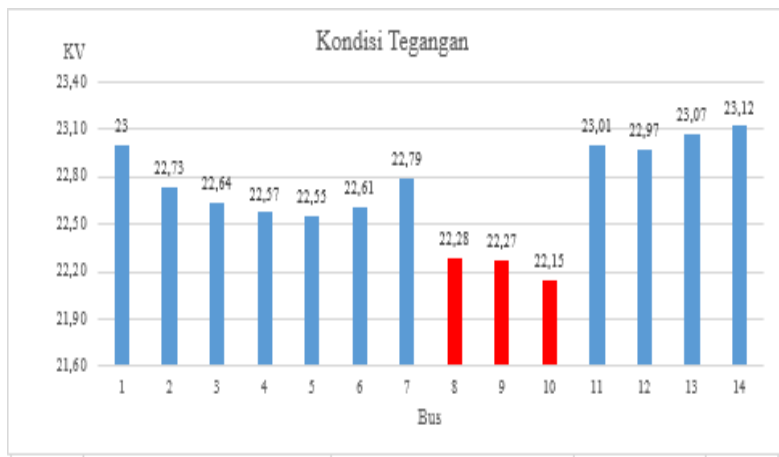
11. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 13)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	23,01	Normal
12	22,97	Normal
13	23,07	Normal
14	23,04	Normal



12. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 14)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	23,01	Normal
12	22,97	Normal
13	23,07	Normal
14	23,12	Normal

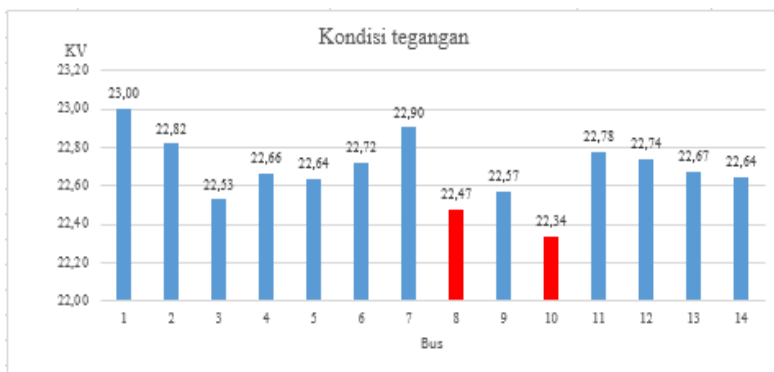


LAMPIRAN

REKONFIGURASI JARINGAN SETELAH PENENTUAN LOKASI DG

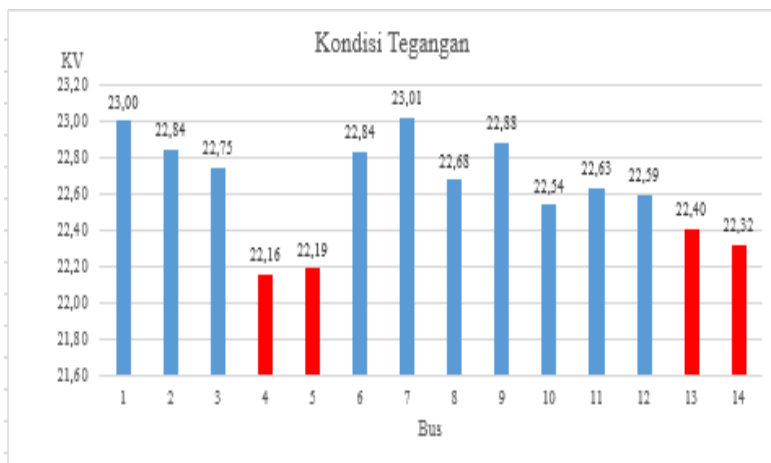
1. Kondisi Tegangan apabila *switch* 12 terbuka, *switch* 15 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,82	Normal
3	22,53	Normal
4	22,66	Normal
5	22,64	Normal
6	22,72	Normal
7	22,90	Normal
8	22,47	marginal
9	22,57	Normal
10	22,34	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



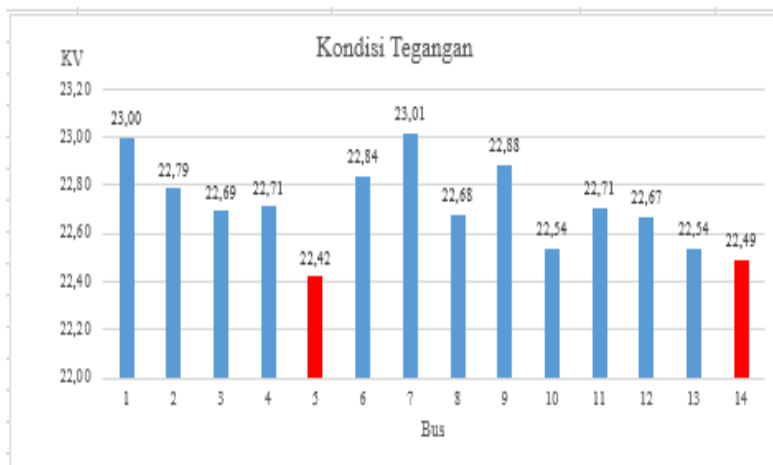
2. Kondisi Tegangan apabila *switch* 13 terbuka, *switch* 26 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,84	Normal
3	22,75	Normal
4	22,16	marginal
5	22,19	marginal
6	22,84	Normal
7	23,01	Normal
8	22,68	Normal
9	22,88	Normal
10	22,54	Normal
11	22,63	Normal
12	22,59	Normal
13	22,40	marginal
14	22,32	marginal



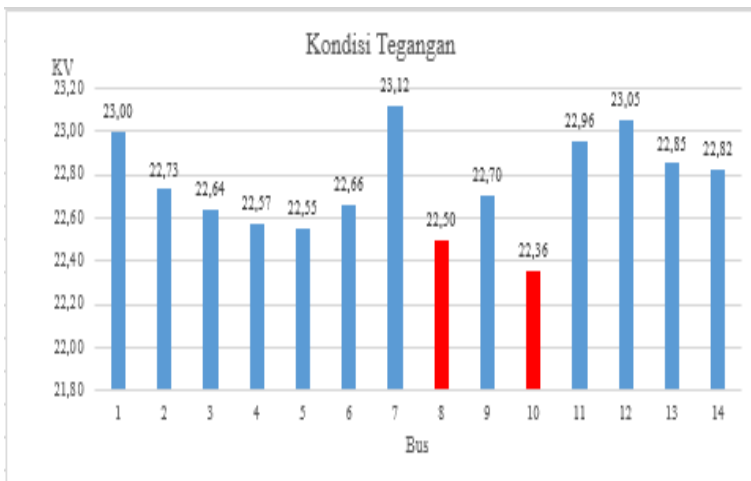
3. Kondisi Tegangan apabila *switch* 14 terbuka, *switch* 26 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,79	Normal
3	22,69	Normal
4	22,71	Normal
5	22,42	marginal
6	22,84	Normal
7	23,01	Normal
8	22,68	Normal
9	22,88	Normal
10	22,54	Normal
11	22,71	Normal
12	22,67	Normal
13	22,54	Normal
14	22,49	marginal



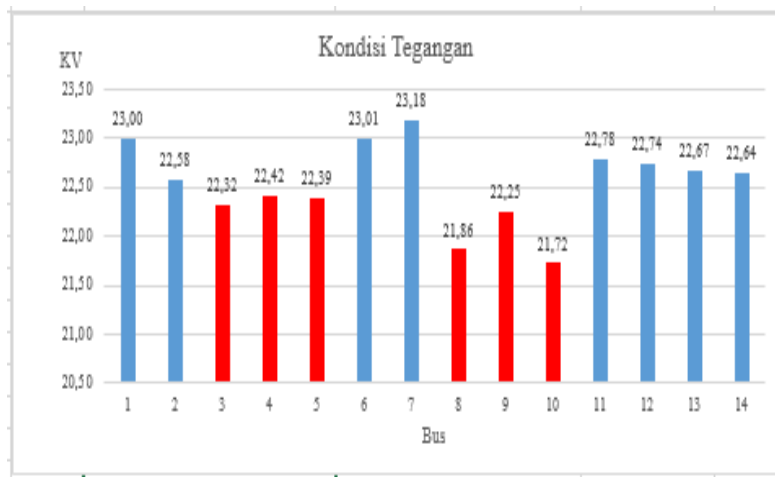
4. Kondisi Tegangan apabila *switch* 17 terbuka, *switch* 21 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,66	Normal
7	23,12	Normal
8	22,50	marginal
9	22,70	Normal
10	22,36	marginal
11	22,96	Normal
12	23,05	Normal
13	22,85	Normal
14	22,82	Normal



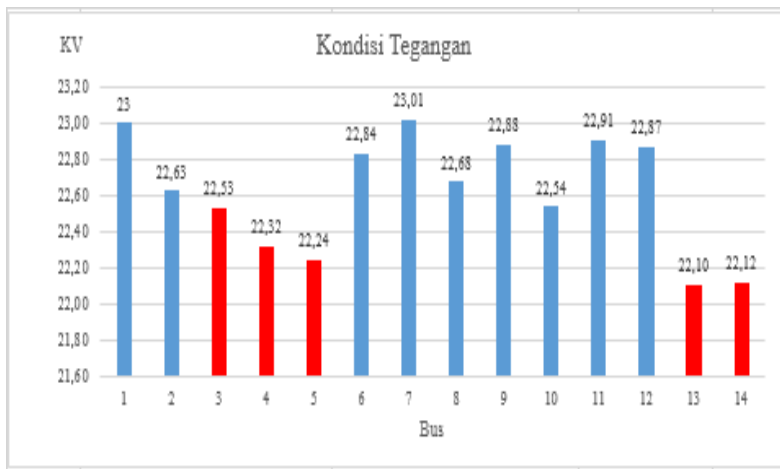
5. Kondisi Tegangan apabila *switch* 18 terbuka, *switch* 15 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,58	Normal
3	22,32	marginal
4	22,42	marginal
5	22,39	marginal
6	23,01	Normal
7	23,18	Normal
8	21,86	marginal
9	22,25	marginal
10	21,72	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



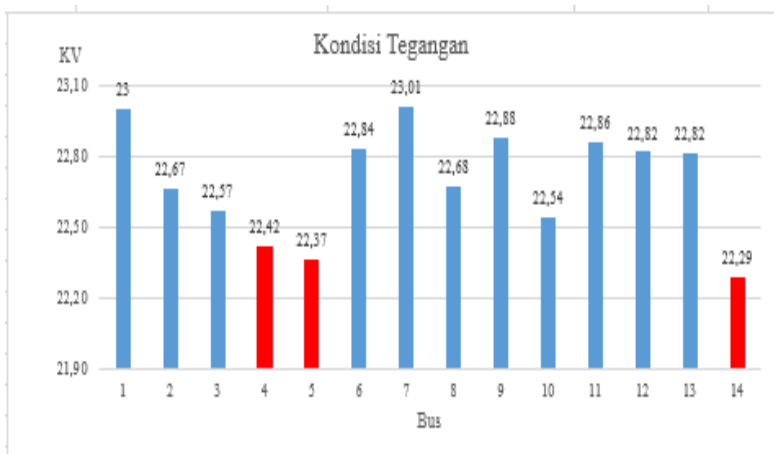
6. Kondisi Tegangan apabila *switch* 25 terbuka, *switch* 26 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,63	Normal
3	22,53	marginal
4	22,32	marginal
5	22,24	marginal
6	22,84	Normal
7	23,01	Normal
8	22,68	Normal
9	22,88	Normal
10	22,54	Normal
11	22,91	Normal
12	22,87	Normal
13	22,10	marginal
14	22,12	marginal



7. Kondisi Tegangan apabila *switch* 23 terbuka, *switch* 26 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,67	Normal
3	22,57	Normal
4	22,42	marginal
5	22,37	marginal
6	22,84	Normal
7	23,01	Normal
8	22,68	Normal
9	22,88	Normal
10	22,54	Normal
11	22,86	Normal
12	22,82	Normal
13	22,82	Normal
14	22,29	marginal





Halaman ini sengaja dikosongkan

***Study Of Network Reconfiguration And Distributed Generation
Placement In Radial Distribution 3 Phase using Newton-Raphson
Method for Increasing Active Power Output DG***

ABSTRACT

Name of Student : Surya Mahendra
Registration Number : 2209030064
Consultive Lecturer 1 : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc,Ph.D
ID : 19490715 197412 1 001
Consultive Lecturer 2 : Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT
ID : 19741129 200012 1 001

The power flow is something that is very important in the planning and design of power systems. The main information of the power flow is magnitude and phase angle of the voltage on each bus as well as active power flow in each channel. Newton-Raphson is one method to overcome the power flow of the composition of non-linear equations contained bus admittance matrix (Y_{bus}) with 2 or more variable. A network has a data channel and a data bus that forms a particular configuration. In fact, the configuration has not been able to increase the power output desired. Placement location of distributed generation (DG) and reconfiguration needs to be done with the purpose of the power output becomes active. Study reconfiguration of the network and determining the location of distributed generation (DG) on 3-phase distribution system radial rhapsion newton method is a solution to these problems. The expected result of this thesis in the form of a distribution network load flow program is active. The output can be used for analysis of radial distribution network so as to assist in the improvement of active power output DG.

Key words: ***Power Flow, 3-Phase, Network Reconfiguration, DG, Radial Distribution***



KATA PENGANTAR

Dengan segala puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

“Studi Rekonfigurasi Jaringan Dan Penentuan Lokasi *Distributed Generation* (DG) Pada Sistem Distribusi Radial 3 Fasa Metode *Newton Rhapson* Untuk Meningkatkan Keluaran Daya Aktif DG”

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi di jurusan Sarjana-1 (S1) Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis berusaha secara optimal dengan segala pengalaman dan informasi yang didapatkan dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini. Namun penulis menyadari masih belum sempurna, karena itu penulis memohon maaf atas keterbatasan materi laporan Tugas Akhir ini. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Demikian besar harapan penulis agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya dalam mempelajari pengembangan aliran daya pada sistem distribusi 3 fasa untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG.

Surabaya, Juli 2015

Penulis



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Maksud dan Tujuan	2
1.5 Metodologi.....	2
1.6 Sistematika Laporan	3
1.7 Relevansi	4
BAB II SISTEM DISTRIBUSI RADIAL, <i>DISTRIBUTED</i> <i>GENERATION</i>, REKONFIGURASI JARINGAN	7
2.1 Sistem Distribusi Radial	7
2.2 Aliran Daya.....	8
2.3 Metode <i>Newton-Rhapson</i>	9
2.4 <i>Distributed Generation</i>	9
2.5 Rekonfigurasi Jaringan	11
BAB III PERANCANGAN REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI DG	13
3.1 Data Sistem Distribusi 14 Bus	14
3.2 Metode <i>Newthon-Rhapson</i>	16
3.3 Penentuan Lokasi DG	20
3.4 Rekonfigurasi Jaringan dan Penetuan Lokasi DG	22
BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS	23
4.1 Sistem Jaringan Distribusi IEEE 14 Bus.....	23

4.2	Sistem Sebelum Penentuan Lokasi DG	24
4.2.1	Simulasi Sebelum Instalasi DG	25
4.3	Sistem pada saat Penentuan Lokasi DG	28
4.3.1	Penentuan Lokasi 1 DG	28
4.3.2	Penentuan Lokasi 2 DG	30
4.4	Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi DG	33
4.4.1	Kombinasi menggunakan <i>tie switch</i>	34
BAB V	PENUTUP	41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN PENENTUAN LOKASI 2 DG		A-1
LAMPIRAN REKONFIGURASI JARINGAN		A-13
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		B-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi DG berdasarkan Kapasitas Pembangkit	10
Tabel 2.2	Klasifikasi DG berdasarkan Teknologi Pembangkit	11
Tabel 3.1	Data sistem jaringan distribusi IEEE 14 Bus	14
Tabel 3.2	Data Beban	15
Tabel 3.3	Kombinasi <i>tie switch</i> membuka	22
Tabel 4.1	Data sistem jaringan distribusi IEEE 14 Bus.....	24
Tabel 4.2	Data Beban	25
Tabel 4.3	Hasil simulasi aliran daya	25
Tabel 4.4	Kondisi tegangan sistem awal	26
Tabel 4.5	Pemasangan 1 DG pada masing-masing Bus	28
Tabel 4.6	Kondisi tegangan setelah penentuan 1 DG	29
Tabel 4.7	Pemasangan 2 DG pada masing-masing Bus	30
Tabel 4.8	Kondisi tegangan setelah penentuan 2 DG	32
Tabel 4.9	Data saluran dengan <i>tie switch</i>	33
Tabel 4.10	Perbandingan Kombinasi <i>tie switch</i>	34
Tabel 4.11	Peningkatan Daya Aktif DG dengan rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG pada masing-masing Bus	37
Tabel 4.12	Kondisi tegangan rekonfigurasi dan penentuan DG	37
Tabel 4.13	Perbandingan Peningkatan Daya Aktif	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Flowchart</i> Tugas Akhir	3
Gambar 2.1	Sistem Distribusi Radial	7
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Tugas Akhir	13
Gambar 3.2	<i>Plant</i> Tugas Akhir	14
Gambar 3.3	<i>Flowchart Newton-Rhapson</i>	20
Gambar 3.4	Penentuan Lokasi DG	22
Gambar 3.5	Jaringan 2 bus dengan DG	22
Gambar 4.1	Sistem Jaringan Distribusi IEEE 14 Bus	25
Gambar 4.2	Peningkatan Daya sebelum Penentuan lokasi DG ...	26
Gambar 4.3	Kondisi Tegangan sebelum Penentuan lokasi DG ...	27
Gambar 4.4	Peningkatan Daya setelah Penentuan lokasi 1 DG...	29
Gambar 4.5	Kondisi Tegangan setelah Penentuan lokasi 1 DG ..	30
Gambar 4.6	Peningkatan Daya setelah Penentuan lokasi 2 DG...	31
Gambar 4.7	Kondisi Tegangan setelah Penentuan lokasi 2 DG ..	32
Gambar 4.8	Sistem Distribusi dengan penambahan <i>tie switch</i>	33
Gambar 4.9	Bentuk sistem sebelum rekonfigurasi	36
Gambar 4.10	Bentuk sistem setelah rekonfigurasi.....	36
Gambar 4.11	Bentuk grafik peningkatan daya aktif DG dengan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG	37
Gambar 4.12	Bentuk grafik kondisi tegangan dengan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG	38



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stevenson, William D. Jr, and Grainger, Jhon J, “*Power System Analysis*”, North Caroline State University, Ch. 9, 1994.
- [2] Saadat, Hadi, “*Power System Analysis*”, Milwaukee School of Engineering, Ch. 6, 1999.
- [3] Stevenson, William D., Jr, “*Analisis Sistem Tenaga Edisi ke Empat*”, Alih Bahasa oleh Ir Kamal Idris. Penerbit Erlangga.Jakarta, 1995.
- [4] Short, Tom, “*Electric Power Distribution HandBook*”, Schenectady, New York, 2004.
- [5] Zuhail, “*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*”, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1995.
- [6] L N Shivakumar and G R Kiran Kumar and H B Marulasiddappa, “*Implementation of Network Reconfiguration Technique for Loss Minimization on a Standard 16 Bus Distribution System*”, IJSCE, Vol 3, Issue 6, January 2014
- [7] Kushalani, Sarika and M. Solanki, Jignesh and N. Schulz, Noel, “*Development og Three-Phase Unbalanced Power Flow Using PV and PQ Models for Distributed Gneration and Study of the Impact of DG Models*”, IEEE, Vol 22, No 3, August 2007.
- [8] Tafreshi , S. M Moghaddas- and Mashhour, Elahe, “*Distributed generation modelling for power flow studies and a three-phase unbalanced power flow solution for radial distribution systms considering distributed generation*”, ELSEVIER, 680-686, 2009.
- [9] Kulworawanichpong, Thanatchai, “*Simplified Newton-Rhapson power flow solution Method*”, ELSEVIER, 552-558, 2010.
- [10] Imran, A. Mohammed and Kowsalya, M and Kothari, D.P “*A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks*”, ELSEVIER, 461-472, 2014.
- [11] Paliwal, Priyanka and Patidar, N.P and Nema, R.K ”*Planning of grid integrated distributed geerators : A review of technology, objective and technique*”, ELSEVIER, 557-570, 2014



Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Surya Mahendra
TTL : Madiun, 24 Pebruari 1989
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat Rumah : Jl. Ki Ageng Kebo
Kenongo No 2 Madiun
Telp/HP : 085655769723
E-mail : surya09@mhs.ee.its.ac.id
Hobi : Pencak Silat

RIWAYAT PENDIDIKAN

© 1995 – 2001 : SDN Madiun Lor 5 Madiun
© 2001 – 2004 : SMPN 3 Madiun
© 2004 – 2007 : SMAN 3 mADIUN
© 2009 – 2012 : D3 T.Elektro-FTI-Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
© 2013 – 2015 : S1 T.Elektro-FTI-Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN ORGANISASI

© Staff Departemen Riset dan Teknologi (RISTEK) HIMAD3TEKTRO (Himpunan Mahasiswa D3 T. ELEKTRO) ITS 2010 – 2011
© Kepala Biro Pelatihan RISTEK HIMAD3TEKTRO (Himpunan Mahasiswa D3 T. ELEKTRO) ITS 20011 – 2012
© Kepala Departemen Kelembagaan SKI Salman Al Farisi 2011-2012

Thanks to :

- ☞ **Allah SWT** Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan kehidupan dan Muhammad **Rosululloh SAW** yang telah memberikan petunjuk mana yang Haq dan man yang Bathil;
- ☞ **Ibu, Bapak** orang tuaku yang dengan ikhlas berkorban jiwa dan raganya demi anakmu seorang;
- ☞ Bapak, Ibu Dosen dan Pengajaran D3 Teknik Elektro yang memberikan banyak ilmu dan pengalaman;
- ☞ Pak **Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D** sebagai dosen pembimbing yang tiada lelah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, serasa di bimbing dari Winconsin University, USA.
- ☞ Pak **Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, ST, MT** sebagai dosen pembimbing yang tiada lelah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, serasa di bimbing dari Hiroshima University, JAPAN.
- ☞ **1305 (LJ 2013)** angkatanku yang terbaik, terima kasih semuanya
- ☞ **AZ** Yang TerSayang (My Princess), terima kasih atas suport dan doa restunya, Salam juga buat IBU, tanpamu TA-ku gag bakalan selesai :* <3;
- ☞ Lab. Simulasi Tenaga Listrik (PSSL) tepat yg paling nyaman dan enak selama tahun terakhir dikampus, terima kasih semua penghuninya Assisten Simulasi;
- ☞ Ikapragama, yang selalu menjadi teman Petualang.
- ☞ Semua orang yang tidak dapat satu-persatu disebutkan terima kasih sebesar-besarnya.

***“Semoga Buah Tangan Ini dapat menjadi Inspirasi,
meskipun ada kekurangan. Mundur Selangkah Untuk
Maju Melesat Ke Depan karena Kita adalah Apa yang
Kita Pikirkan.***

Man Jadda Wa Jadda, Man Sabhira Zafira”

Surabaya, Juli 2015

Surya Mahendra

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring meningkatnya kebutuhan pasokan listrik serta seringkali sistem distribusi listrik menjadi besar dan kompleks menyebabkan kerugian sistem yang lebih tinggi dengan pengaturan tegangan yang buruk. Studi menunjukkan bahwa hampir 10-13% dari total daya dihasilkan hilang sebagai kerugian pada tingkat distribusi. Sehingga menyebabkan peningkatan biaya energi dan profil tegangan yang buruk. Oleh karena itu peningkatan keandalan transmisi listrik dalam jaringan menjadi sangat penting. Metode yang umum digunakan untuk stabilitas tegangan dan penurunan daya dalam sistem distribusi adalah rekonfigurasi jaringan dan penempatan DG. Adapun DG sendiri merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang tersebar dan terhubung ke jaringan utama distribusi. Jenis pembangkit tersebar umumnya merupakan *renewable energy* seperti *wind turbin*, *mikro hidro* dan *pv voltage*. Sehingga pada pengoperasian tiap-tiap unit pembangkit tersebar tidak selalu bisa secara berkelanjutan mensuplai daya ke jaringan utama. Maka dari itu status tiap unit DG untuk kondisi waktu tertentu berbeda. Rekonfigurasi jaringan dan penempatan DG dapat memaksimalkan keuntungan dan mengurangi kerugian akibat dari sistem tenaga listrik.

1.2 Permasalahan

Perumusan masalah dalam Tugas Akhir ini mempunyai batas-batas sebagai berikut:

- Langkah untuk menentukan penempatan lokasi DG yang tepat untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG pada sistem distribusi radial 3 fasa seimbang.
- Langkah rekonfigurasi jaringan dan menentukan penempatan lokasi DG yang tepat untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG pada sistem distribusi radial 3 fasa seimbang distribusi tenaga listrik.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, memiliki batasan masalah sebagai berikut :

- Penempatan DG dan Rekonfigurasi jaringan pada program perhitungan MATLAB R2009a.
- Hanya memperhatikan Keluaran Aktif pada DG, dengan kapasitas DG sebesar 18 MW.
- Sistem dalam keadaan seimbang.
- Tipe *Plant* berupa *Load Bus* (PQ Bus) IEEE 14 bus.

1.4 Maksud dan Tujuan

Pengembangan aliran daya 3 fasa menggunakan metode *newton-raphson* dan melakukan integrasi antara penempatan DG dan rekonfigurasi jaringan sehingga diperoleh peningkatan keluaran daya aktif DG merupakan tujuan yang ingin dicapai.

1.5 Metodologi

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir terdapat beberapa kegiatan yang dapat diuraikan sebagai berikut :

- Studi Pustaka dan Survey Data : Kegiatan ini berupa mencari studi literatur kemudian mensimulasikan *plant* Sistem distribusi radial ke dalam program simulasi ETAP untuk mendapatkan nilai *load flow* dengan metode *newton-raphson*.
- Melakukan perhitungan kombinasi antara penempatan DG dan rekonfigurasi jaringan dengan konfigurasi tertentu sesuai skenario tertentu. Kemudian memperhitungkan nilai *loadflow* dengan metode *newton raphson* untuk didapatkan parameter pada setiap bus.
- Menganalisa hasil keluaran *load flow* dengan kombinasi yang muncul dan menentukan hasil yang signifikan dari kombinasi yang ada.
- Merubah setting dengan acuan keluaran dalam beberapa skenario.



Gambar 1.1. Flowchart Tugas Akhir

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan pada laporan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab. Berikut diberikan penjelasan isi dari masing – masing bab, yaitu

Bab I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, maksud dan tujuan, metodologi, sistematika laporan, serta relevansi penulisan pada tugas akhir.

Bab II : SISTEM DISTRIBUSI RADIAL, DISTRIBUTED GENERATION, REKONFIGURASI JARINGAN

Dalam bab ini dijelaskan mengenai konsep – konsep yang mendasari perancangan pada Tugas Akhir ini, meliputi pembahasan pembahasan sistem distribusi radial, aliran daya, metode *Newton-Raphson*,

Distributed Generation (DG), dan Rekonfigurasi Jaringan.

Bab III : PERANCANGAN REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENETUAN LOKASI DG

Dalam bab ini membahas mengenai karakteristik sistem distribusi dengan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG, analisis aliran daya menggunakan metode *Newton-Raphson* serta sistem distribusi yang akan dijadikan objek penelitian.

Bab IV : SIMULASI DAN ANALISIS

Dalam bab ini membahas tentang simulasi pengujian, dan analisa terhadap prinsip kerja dan proses dari aliran daya yang telah dirancang.

Bab V : PENUTUP

Dalam bab ini berisi tentang penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir dan saran – saran untuk pengembangan aliran daya ini lebih lanjut.

1.7 Relevansi

Manfaat Tugas Akhir ini dapat dilihat dari berbagai sisi antara lain :

a. Sisi Ekonomi

Menghemat biaya operasional pada pihak terkait dalam pelaksanaan pengawasan dan pelaksanaan undang-undang ketenaga-listrikan.

b. Sisi Lingkungan

Membantu pemeliharaan lingkungan dari radiasi listrik sehingga dapat merusak ekosistem keberlangsungan makhluk hidup.

c. Sisi Produsen Ketenaga-Listrikan

Sebagai bahan referensi tentang cara meningkatkan daya aktif yang ada pada jaringan distribusi tenaga listrik. Selain itu dapat digunakan untuk mempercepat penanganan gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik karena menggunakan sistem distribusi secara online.

d. IPTEK

Bagi masyarakat secara umum karya tulis ini dapat memperkaya khasanah pengetahuan pemanfaat teknologi dari

pengembangan aliran daya. Bagi mahasiswa dapat mengembangkan ilmu pengetahuannya sesuai disiplin ilmu yang dipelajari sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat.

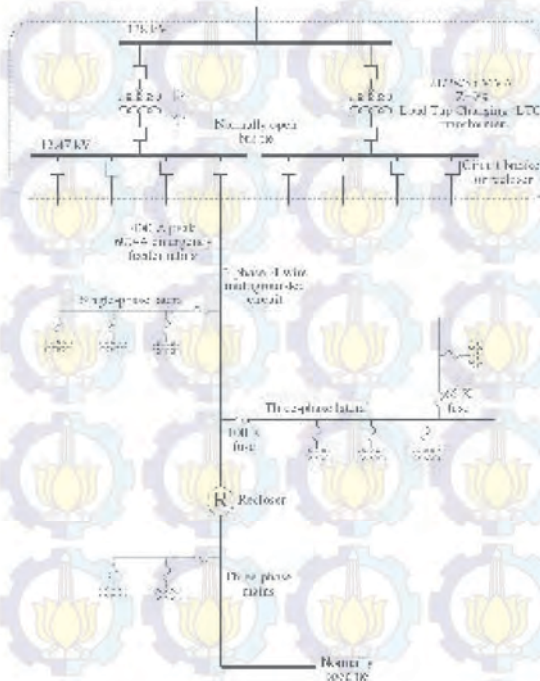
e. Pemerintah

Membantu pemerintah khususnya Badan yang bergerak pada ketenaga-listrikan dalam pengawasan serta pelaksanaan Undang-Undang Energi dalam bidang tenaga listrik.



Halaman ini sengaja dikosongkan

2.1 Sistem Distribusi Radial [1]



Gambar 2.1. Sistem Distribusi Radial

Bila antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran, maka merupakan bentuk jaringan yang paling sederhana dengan keuntungan pengamanan terhadap arus gangguan lebih mudah, arus

gangguan lebih kecil, pengaturan tegangan lebih mudah, peramalan dan pengaturan aliran daya lebih mudah, dan biaya relatif murah. Saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar, sehingga disebut radial. Hal ini mengakibatkan luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak harus sama. Dengan pengertian, saluran utama (dekat sumber) yang menanggung arus besar, ukuran penampangnya relatif besar, dan saluran cabang-cabangnya makin ke ujung dengan arus beban yang lebih kecil, ukurannya lebih kecil pula.

Untuk melokalisir gangguan, pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman berupa *fuse*, *sectionalizer*, *recloser*, atau alat pemutus beban lainnya, hanya saja fungsinya membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sebelum/setelah titik gangguan, selama gangguan belum teratasi.

2.2 Aliran Daya [2]

Merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, dan daya yang terdapat pada berbagai titik suatu jaringan pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun akan datang. Sehingga dapat memantau beban untuk dilakukan pengaturan kualitas daya yang dikirim. Banyak peneliti yang mengembangkan metode aliran daya, khususnya pada jaringan distribusi. Data yang diperlukan untuk studi aliran daya adalah matriks Y_{bus} atau matriks Z_{bus} dari sistem yang akan dipelajari. Hal ini sangat penting karena matriks Y_{bus} maupun Z_{bus} berisi informasi data saluran sistem. Kemudian data-data jenis bus, termasuk ke dalam jenis bus beban atau bus generator. Jika pada bus terdapat generator, maka bus tersebut disebut bus generator. Sedangkan bus yang tidak memiliki generator disebut sebagai bus beban. Pada setiap bus generator perlu dimasukkan data pembangkitan daya aktif pada generator, kemudian pada bus beban juga perlu dimasukkan data beban. Ada satu bus generator yang tidak ditentukan besar pembangkitan daya aktif, yang disebut *slack* atau *swing bus*. *Swing bus* ini terhubung dengan generator yang memiliki kapasitas daya paling besar pada sistem. Generator pada *swing bus* mensuplai perbedaan antara daya aktif ke dalam sistem pada bus lain dan total keluaran ditambah losses. *Magnitude* dan sudut tegangan pada *swing bus* telah ditentukan terlebih dahulu.

2.3 Metode Newton-Rhapson [3]

Merupakan metode dengan untuk mencari hampiran terhadap akar fungsi riil. Metode ini sering konvergen dengan cepat, terutama bila iterasi dimulai dengan cukup dekat” dengan akar yang diinginkan. Namun bila iterasi dimulau jauh dari akar yang dicari, metode ini dapat meleset tanpa peringatan.

2.4 Distributed Generation [4]

Distributed Generation (DG) merupakan suatu pembangkit tenaga listrik yang berukuran kecil dan bukan merupakan bagian dari sistem pembangkit pusat, melainkan berada dekat dengan beban. DG merupakan pendekatan baru dalam industri pembangkitan tenaga listrik yang memberikan paradigma baru terhadap konsep pembangkit listrik terpusat konvensional. Dalam berbagai literatur masih belum terdapat persamaan konsep yang pasti terhadap definisi DG. Semua literatur memang menyatakan bahwa DG merupakan pembangkit kecil dengan peletakan yang terdistribusi pada sitem, namun belum ada persamaan persepsi diantara para ahli mengenai batasan ukuran dan lokasi penempatan DG. Bahkan istilah DG pun masih bermacam macam. Negara-negara Anglo-Amerika menggunakan istilah *Embedded Generation*, Amerika Utara menggunakan istilah *Dispersed Generation*, sedangkan Eropa dan sebagian Asia menggunakan istilah *Decentralised Generation*.

Selain dari perbedaan istilah, penentuan rentang ukuran atau kapasitas DG juga masih memiliki beberapa versi yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya. Penentuan kapasitas ini sangat penting karena merupakan salah satu kunci dalam analisa penempatan dan penentuan daya keluaran DG. Beberapa definisi kapasitas DG yang dimiliki oleh lembaga-lembaga riset internasional adalah sebagai berikut:

1. The Electric Power Research Institute mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas beberapa kilowatt sampai dengan 50 MW.
2. Gas Research Institute mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 25kW hingga 25 MW.
3. Preston dan Rastler menentukan ukuran mulai dari beberapa kilowatt hingga lebih dari 1000 MW.
4. Cardell mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 500kW hingga 1MW.

5. International Conference on Large High Voltage Electric Systems (CIGRE) mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 50 hingga 100 MW.

Oleh karena sangat bervariasinya definisi yang digunakan dalam beberapa literatur, maka klasifikasi DG dibedakan berdasarkan tujuan, lokasi penempatan, kapasitas DG, area penugrahan daya listrik, teknologi, dampak lingkungan, mode operasi, kepemilikan dan penetrasi DG ke dalam sistem tenaga listrik.

Pemasangan DG pada sistem tenaga sangat mempengaruhi aliran daya dan keadaan tegangan di sisi konsumen dan peralatan. Pengaruh ini dapat memberikan pengaruh yang positif atau pengaruh yang negatif, tergantung kepada DG dan karakteristik sistem distribusi.

Kapasitas maksimum yang mungkin disuplai oleh DG sebagai sumber energi listrik sering digunakan untuk membatasi kualifikasi dari DG itu sendiri. Namun penentuan kapasitas DG ini bukan merupakan faktor kritis dalam menentukan definisi DG. Kapasitas maksimum yang dapat dikoneksikan dengan sistem tergantung pada kapasitas sistem dan toleransi dengan level tegangan tempat dimana DG tersebut diletakkan. Desain teknis dari masing-masing sistem sangatlah unik, karena itu, tidak ada definisi umum dari kapasitas pembangkitan maksimum yang dapat dikoneksikan ke sistem.

Beberapa permasalahan teknis yang berhubungan dengan DG dapat memberikan beberapa variasi yang signifikan terhadap kapasitas pembangkitan dari DG itu sendiri. Oleh karena itu, perlu diperkenalkan pengkategorian yang tepat untuk mengklasifikasikan DG berdasarkan kapasitas pembangkitan yang dimilikinya. Terdapat empat jenis DG berdasarkan klasifikasi ini, yaitu :

Tabel 2.1 Klasifikasi DG berdasarkan Kapasitas Pembangkitan [11]

Jenis DG	Kapasitas Pembangkitan
Micro DG (DG Mikro)	1 Watt – 5KW
Small DG (DG Kecil)	5KW – 5MW
Medium DG (DG sedang)	5MW – 50 MW
Large DG (DG Besar)	50MW – 300 MW

Teknologi DG yang sering digunakan adalah *micro-hydro*, panel surya, turbin angin, mesin diesel, sel bahan bakar, dan baterai yang terdiri dari sejumlah modul-modul kecil dan dirakit secara tersendiri oleh pabrik. Hal ini dilakukan untuk mempermudah konstruksi dan implementasi pada lokasi DG. Modul-modul kecil

tersebut dapat dipasang dengan sangat cepat pada lokasi akhir dimana pembangkit membutuhkan penghematan waktu yang sangat signifikan bila dibandingkan dengan pembangunan pembangkit tenaga listrik besar yang letaknya terpusat pada suatu lokasi tertentu.

Modul-modul DG tersebut dapat cepat beroperasi segera setelah dipasang pada lokasi. Masing-masing modul juga bersifat inpenden, jadi ketika satu modul mengalami kerusakan, maka modul yang lain dapat tetap bekerja secara normal. Hal inilah yang menyebabkan nilai keadaan unit DG yang lebih baik dibandingkan dengan pembangkit sentral pada umumnya. Berdasarkan teknologi pembangkitan yang digunakan, DG dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

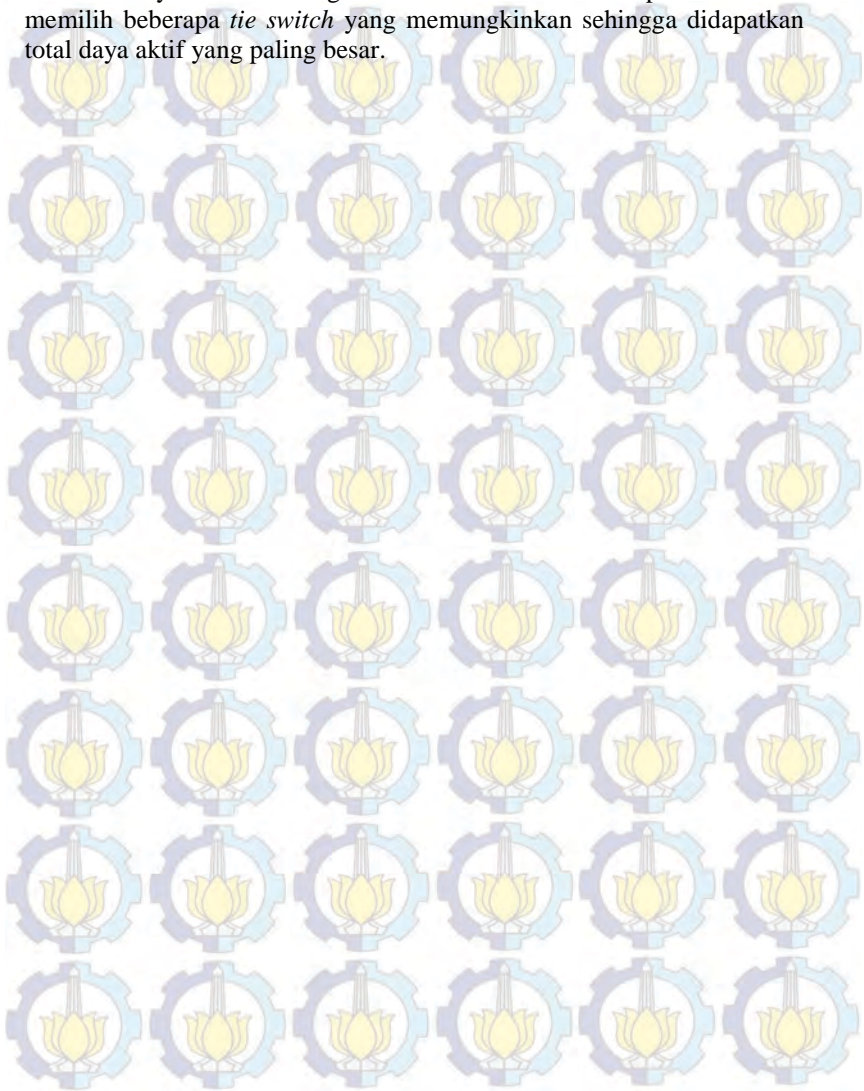
Tabel 2.2 Klasifikasi DG berdasarkan Teknologi pembangkitan[11]

Teknologi DG	Kapasitas per Modul
<i>Fossil Fuel</i>	
<i>Combined Cycle Gas Turbine (CCGT)</i>	35-400 MW
<i>Internal combustion engines</i>	5 kW-10 MW
<i>Combustion turbine</i>	1-250 MW
<i>Micro-Turbines</i>	35 kW-1 MW
<i>Renewable Resources</i>	
<i>Small hydro</i>	1-100 MW
<i>Micro hydro</i>	25 kW-1 MW
<i>Wind turbine</i>	200 Watt-3 MW
<i>Photovoltaic arrays</i>	20 Watt-1000 kW
<i>Solar terminal, central receiver</i>	1-10 MW
<i>Solar terminal, Lutz system</i>	10-80 MW
<i>Biomass, e.g. based on gastification</i>	100 kW-20 MW
<i>100 kW-20 MW</i>	X 200 kW-2 MW
<i>Fuel cells, solid oxide</i>	250 kW-2 MW
<i>Geothermal</i>	5-100 MW
<i>Ocean energy</i>	100 kW – 1 MW
<i>Stirling engine</i>	2 – 10 kW
<i>Battery storage</i>	500kW – 5 MW

2.5 Rekonfigurasi Jaringan [5]

Merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran (*switching*) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada

operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Pemodelannya adalah dengan membuka dan menutup *switch* dan memilih beberapa *tie switch* yang memungkinkan sehingga didapatkan total daya aktif yang paling besar.



BAB III

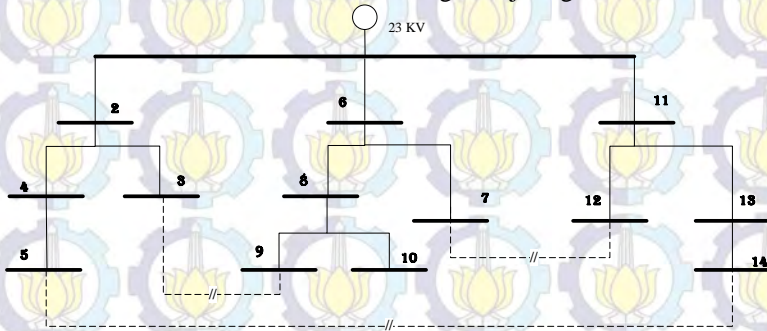
PERANCANGAN REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI DG

Pada bab ini akan dijelaskan tentang perancangan dari rekonfigurasi serta penentuan lokasi *distributed generation* (DG). Tahapan pengerjaan tugas akhir ini akan dijelaskan melalui *flowchart*.



Gambar 3.1 *Flowchart* Tugas Akhir

Dari gambar diatas dapat diketahui jika dalam pelaksanaan tugas akhir terdapat dua tahap untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG pada sistem. Langkah pertama adalah dengan cara pemasangan dan penentuan Lokasi DG. Setelah itu dilakukan rekonfigurasi jaringan.



Gambar 3.2 *Plant* tugas akhir

Dalam tugas akhir yang dikerjakan akan menggunakan *plant* IEEE 14 Bus. Rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG untuk mendapatkan peningkatan keluaran daya aktif dari DG yang dipasang pada bus tertentu. Langkah-langkah dalam perancangan untuk mendapatkan data yang akan dianalisa ini adalah pengumpulan data, simulasi *load flow* menggunakan metode *Newton Rhapson* , penentuan lokasi DG dengan metode kombinasi trial error, dan rekonfigurasi jaringan untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG. Tentu saja dengan skenario-skenario yang telah ditentukan sebelumnya dan terlihat pada hasil.

3.1 Data Sistem Distribusi 14 Bus

Data dibawah merupakan data *plant* IEEE 14 Bus . Data tersebut terdiri dari impedansi saluran, serta data beban pada Matlab R2009a. Data ini yang akan digunakan untuk analisa jaringan dan rekonfigurasi pada pengerjaan tugas akhir. Data disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data sistem jaringan distribusi IEEE 14 Bus [6]

CABANG		IMPEDANSI (Ohm)	
Dari	Ke	R	X
1	2	0,39675	0,52900

Tabel 3.1 (lanjutan)

CABANG		IMPEDANSI (Ohm)	
Dari	Ke	R	X
2	3	0,42320	0,58190
2	4	0,47610	0,95220
4	5	0,21160	0,21160
1	6	0,58190	0,58190
6	7	0,58190	0,58190
6	8	0,42320	0,58190
8	9	0,58190	0,58190
8	10	0,42320	0,58190
1	11	0,58190	0,58190
11	12	0,47610	0,63480
11	13	0,42320	0,58190
11	14	0,21160	0,21160
3	9	0,21160	0,21160
7	12	0,21160	0,21160
5	14	0,47610	0,63480

Tabel 3.2 Data beban [6]

No Bus	Beban	
	P(MW)	Q(MVar)
2	2,0	1,6
3	3,0	1,5
4	2,0	0,8
5	1,5	1,2
6	4,0	2,7
7	1,0	0,9

Tabel 3.2 (lanjutan)

No Bus	Beban	
	P(MW)	Q(MVar)
8	5,0	3,0
9	0,6	0,1
10	4,5	2,0
11	1,0	0,9
12	1,0	0,7
13	1,0	0,9
14	2,1	1,0

3.2 Metode *Newthon Rhapson*

Dalam pendefinisian daya pada sistem distribusi adalah beberapa bagian elemen yang saling interkoneksi antara sepasang titik. Secara sederhana perangkat daya yang paling umum dalam jaringan distribusi dapat diklasifikasikan dalam 3 tipe yaitu Sumber daya, saluran *feeder*, dan beban. Untuk menganalisa karakteristik sistem, diformulasikan daya kompleks sebagai berikut:

$$S^* = P - jQ = V \sum_{i=1}^n Y_i V_i \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana : S adalah daya kompleks

P adalah daya aktif

Q adalah daya reaktif

Dari persamaan tersebut didapat:

$$\left(\frac{S}{V}\right)^* = I = F + jH = \sum_{i=1}^n Y_i V_i \dots\dots\dots (3.2)$$

$$F_{cal} = \sum_{i=1}^n |Y_i V_i| \cos(\theta_1 + \delta_1) - \left|\frac{S}{V}\right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.3)$$

$$H_{cal} = \sum_{i=1}^n |Y_i V_i| \sin(\theta_1 + \delta_1) - \left|\frac{S}{V}\right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana : I adalah Arus kompleks

F_{cal} adalah Arus nyata

H_{cal} adalah Arus Reaktif

Sehingga, persamaan arus yang digunakan dalam metode *Newton-Rhapon* adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta F \\ \Delta H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F}{\partial \delta} & \frac{\partial F}{\partial V} \\ \frac{\partial H}{\partial \delta} & \frac{\partial H}{\partial V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix}$$

Dengan memperhatikan bahwa:

$$J_1 = \frac{\partial F}{\partial \delta} ; J_2 = \frac{\partial F}{\partial V} ; J_3 = \frac{\partial H}{\partial \delta} ; J_4 = \frac{\partial H}{\partial V}$$

Sehingga didapatkan sub matrik J_1 - J_4

Sub-matriks J_1 :

$$\begin{aligned} J_1 &= \frac{\partial F}{\partial \delta} \\ &= \frac{\partial \left[|YV| \cos(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \right]}{\partial \delta} \\ &= \frac{\partial \left[|YV| \cos(\theta + \delta) \right]}{\partial \delta} - \frac{\partial \left[\left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \right]}{\partial \delta} \\ &= |YV| (-\sin(\theta + \delta)) - \left| \frac{S}{V} \right| (-\sin(\delta - \varphi)) \\ &= -|YV| \sin(\theta + \delta) + \left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.5) \end{aligned}$$

Sub-matriks J_2 :

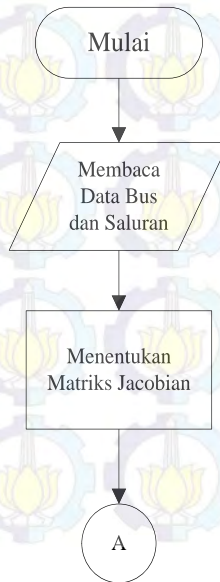
$$\begin{aligned}
 J_2 &= \frac{\partial F}{\partial V} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \cos(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \right]}{\partial V} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \cos(\theta + \delta) \right]}{\partial V} - \frac{\partial \left[\left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \right]}{\partial V} \\
 &= |Y| \cos(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V^2} \right| \cos(\delta - \varphi) \\
 &= |Y| \cos(\theta + \delta) + \left| \frac{S}{V^2} \right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.6)
 \end{aligned}$$

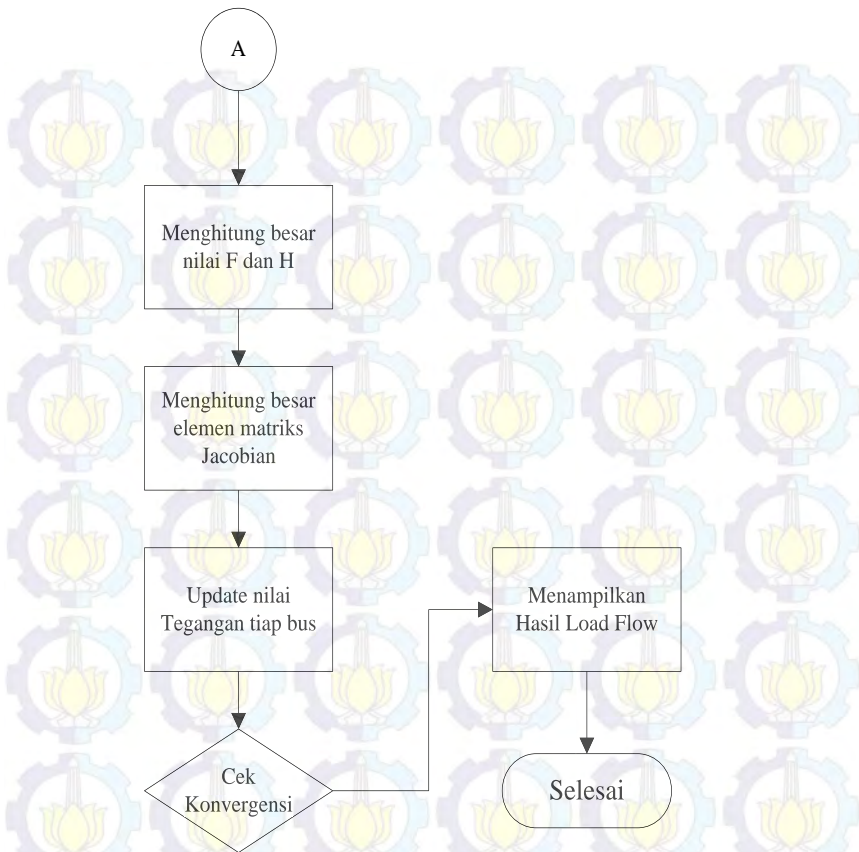
Sub-matriks J_3 :

$$\begin{aligned}
 J_3 &= \frac{\partial H}{\partial \delta} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \sin(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \right]}{\partial \delta} \\
 &= \frac{\partial \left[|YV| \sin(\theta + \delta) \right]}{\partial \delta} - \frac{\partial \left[\left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \right]}{\partial \delta} \\
 &= |YV| \cos(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.7)
 \end{aligned}$$

Sub-matriks J_4 :

$$\begin{aligned}
 J_4 &= \frac{\partial H}{\partial V} \\
 &= \frac{\partial \left[YV \sin(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \right]}{\partial V} \\
 &= \frac{\partial \left[YV \sin(\theta + \delta) \right]}{\partial V} - \frac{\partial \left[\left| \frac{S}{V} \right| \sin(\delta - \varphi) \right]}{\partial V} \\
 &= Y \sin(\theta + \delta) - \left| \frac{S}{V^2} \right| \sin(\delta - \varphi) \\
 &= Y \sin(\theta + \delta) + \left| \frac{S}{V^2} \right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3.8)
 \end{aligned}$$





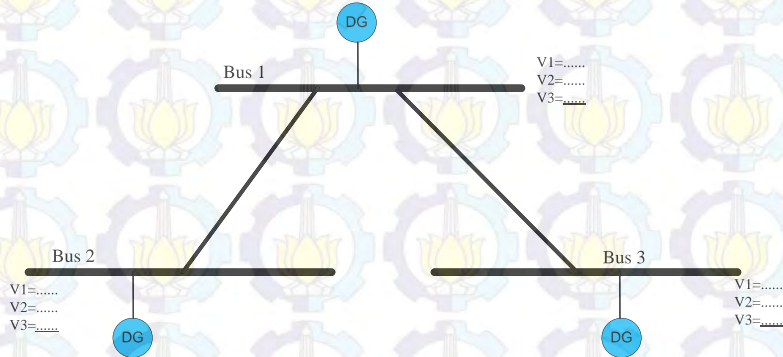
Gambar 3.3 *Flowchart Newton Rhapsod*

3.3 Penentuan Lokasi DG

Setelah melakukan *running* program *Load Flow*, sehingga dapat diketahui bus bus mana saja yang memiliki daya aktif rendah. Oleh karena itu diperlukan pemasangan DG dan menentukan lokasinya.

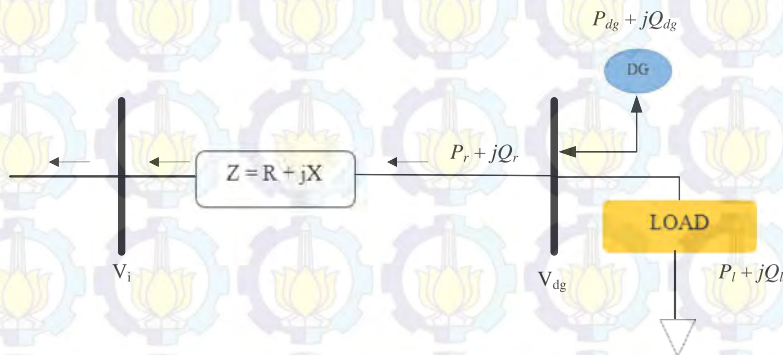
Langkah dalam pemasangan DG pada sistem distribusi radial adalah dengan kombinasi trial error dengan penempatan DG pada semua bus. Kemudian dengan melihat keadaan tegangan, sedikit demi sedikit menaikkan kapasitas DG sampai keadaan tegangan pada sistem menjadi

normal. Apabila tegangan sistem telah normal, maka nilai kapasitas DG tersebut merupakan keluaran aktif DG pada bus yang bersangkutan. Apabila kenaikan DG sampai melebihi rating dan tegangan belum juga normal, maka disarankan untuk mengganti dari lokasi DG pada bus yang lain. Adapun bentuk gambar sebagai berikut:



Gambar 3.4 Penentuan Lokasi DG

Kemudian langkah untuk menginjeksi DG pada Bus, akan ditunjukkan gambar di bawah ini,



Gambar 3.5 Jaringan 2 bus dengan DG

Total injeksi Daya :

$$S_r = P_r + jQ_r \dots\dots\dots (3.9)$$

$$S_r = P_{dg} + jQ_{dg} - P_l - jQ_l \dots\dots\dots (3.10)$$

Persamaan diatas dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$S_r = I_r * V_{dg} (3.11)$$

$$S_r = I_r V_{dg}^* (3.12)$$

3.4 Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi DG

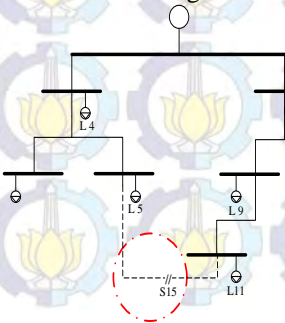
Ini merupakan skenario terakhir untuk mendapatkan peningkatan dari keluaran daya aktif DG, yaitu rekonfigurasi jaringan setelah penentuan lokasi DG. Untuk sebelumnya hanya penentuan lokasi DG, dimana hasilnya akan diolah lagi dengan skenario ini.

Untuk rekonfigurasi ini diperlukan 3 *tie switch* terbuka (baik *Normally Open/Normally Close*)dengan alasan sistem distribusi tersebut seolah-olah terdapat 3 *loop*, dengan sistem ini tetap radial. Adapun kombinasi 3 *tie switch* membuka adalah sebagai berikut:

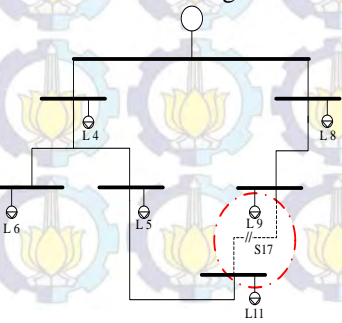
Tabel 3.3 Kombinasi *tie switch*

Kombinasi	<i>Tie Switch</i>		Keterangan
	Tutup	Buka	
1	15	19	1 <i>switch</i>
2	21	24	1 <i>switch</i>
3	26	13	1 <i>switch</i>
4	21, 26	13,17	2 <i>switch</i>
5	15,26	13,19	2 <i>switch</i>
6	15,21	19,17	2 <i>switch</i>

Sebelum Rekonfigurasi



Setelah Rekonfigurasi



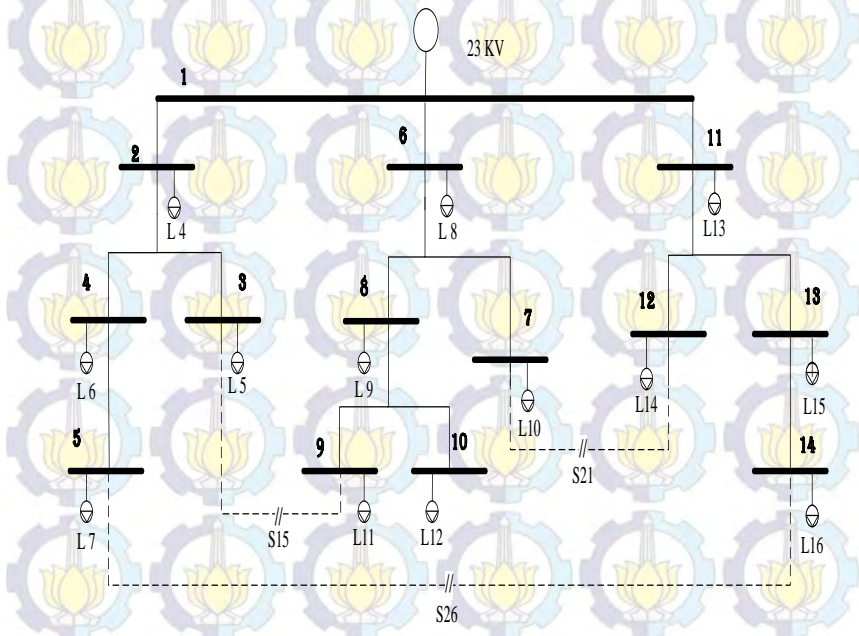
BAB IV

SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bab 4 ini, akan dibahas mengenai simulasi dan analisis dengan menggunakan matlab pada plan *IEEE 14 Bus* dengan 3 *Tie Switch*. Simulasi pertama dipergunakan untuk penempatan lokasi *Distribution Generator* (DG) untuk mendapatkan peningkatan daya. Setelah itu, simulasi kedua adalah melakukan konfigurasi ulang pada jaringan sehingga didapat jaringan yang baru.

4.1 Sistem Jaringan Distribusi IEEE 14 Bus

Sistem Jaringan distribusi IEEE 14 Bus yang diuji memiliki total beban 28,7 MW, 17,3Mvar. Dengan $kV_{base} = 23 \text{ kV}$ dan $S = 1 \text{ MVA}$. Adapun Sistem tersebut ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Sistem Jaringan Distribusi IEEE 14 Bus

Simulasi menggunakan *software* MATLAB, dengan perolehan data-data dari *paper* tersebut. Beberapa data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. *Single line diagram*
2. Data saluran
3. Data beban

Hasil simulasi didapatkan nilai tegangan, arus, rugi-rugi daya, daya aktif, daya reaktif, serta faktor daya.

4.2 Sistem Sebelum Penentuan Lokasi DG

Sistem yang akan di uji pada Tugas Akhir ini adalah IEEE 14 Bus dengan 23 KV. Berikut merupakan data saluran dan data beban:

Tabel 4.1 Data sistem jaringan distribusi IEEE 14 Bus[6]

CABANG		IMPEDANSI (Ohm)	
Dari	Ke	R	X
1	2	0,39675	0,52900
2	3	0,42320	0,58190
2	4	0,47610	0,95220
4	5	0,21160	0,21160
1	6	0,58190	0,58190
6	7	0,58190	0,58190
6	8	0,42320	0,58190
8	9	0,58190	0,58190
8	10	0,42320	0,58190
1	11	0,58190	0,58190
11	12	0,47610	0,63480
11	13	0,42320	0,58190
11	14	0,21160	0,21160
3	9	0,21160	0,21160
7	12	0,21160	0,21160
5	14	0,47610	0,63480

Tabel 4.2 Data beban[6]

No Bus	Beban	
	P(MW)	Q(MVar)
2	2,0	1,6
3	3,0	1,5
4	2,0	0,8
5	1,5	1,2
6	4,0	2,7
7	5,0	3,0
8	1,0	0,9
9	0,6	0,1
10	4,5	2,0
11	1,0	0,9
12	1,0	0,7
13	1,0	0,9
14	2,1	1,0

4.2.1 Simulasi Sebelum Instalasi DG

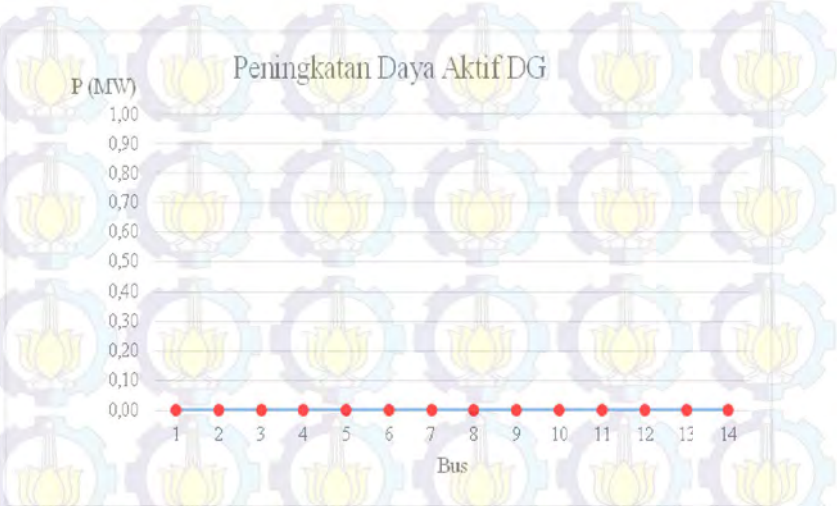
Dari hasil aliran daya didapatkan analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil simulasi aliran daya

BUS	PENINGKATAN DAYA
1	0,000
2	0,000
3	0,000
4	0,000
5	0,000
6	0,000
7	0,000
8	0,000

Tabel 4.3 (Lanjutan)

BUS	PENINGKATAN DAYA
9	0,000
10	0,000
11	0,000
12	0,000
13	0,000
14	0,000



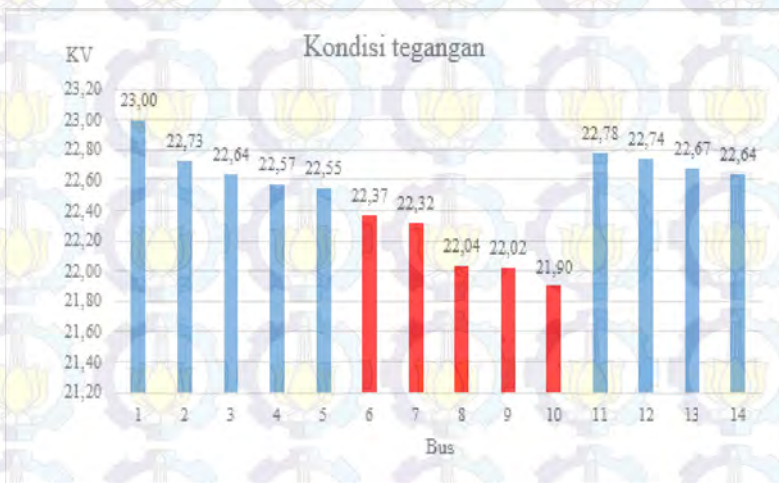
Gambar 4.2 Peningkatan Daya sebelum Penentuan Lokasi DG

Tabel 4.4 Kondisi tegangan sistem awal

BUS	Teagangan (KV)
1	23,00
2	22,73
3	22,64
4	22,57
5	22,55

Tabel 4.4 (Lanjutan)

6	22,37
7	22,32
8	22,04
9	22,02
10	21,90
11	22,78
12	22,74
13	22,67
14	22,64



Gambar 4.3 Kondisi Tegangan sebelum Penentuan Lokasi DG

Setelah dilakukan simulasi aliran daya menggunakan software matlab r2009a, maka didapatkan nilai Peningkatan Daya sebesar 0 MW, dikarenakan semua beban pada bus menyerap daya dan terdapat 5 bus yang mempunyai kondisi *marginal* pada bus 6 sampai 10. Sehingga dibutuhkan suatu cara untuk meningkatkan daya aktif yaitu dengan penentuan lokasi DG pada beberapa bus sesuai skenario yang telah ditentukan pada plant 14 Bus tersebut.

4.3 Sistem pada saat Penentuan Lokasi DG

Bus 6 sampai bus 10 mempunyai data dengan kondisi tegangan *marginal* dibandingkan dengan bus yang lain. Sehingga diperlukan suplai tambahan daya aktif dari DG, dengan tujuan dapat menjaga kondisi tegangan agar tetap aman. Maka diperlukan *Distributed Generation* (DG) berjumlah 1 buah dengan kapasitas 18 MW. Adapun penempatan DG pada seluruh bus tersebut adalah:

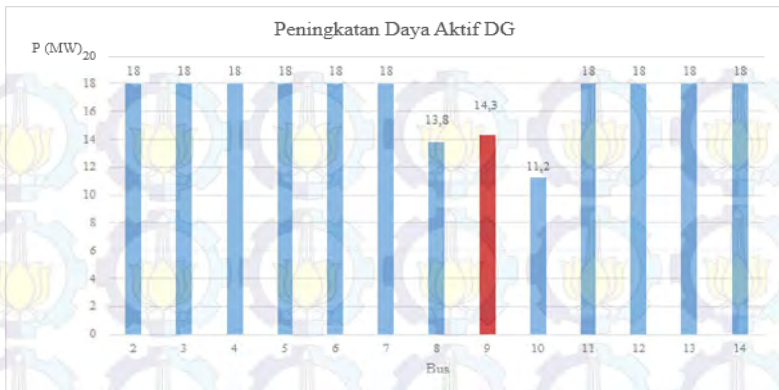
4.3.1 Penentuan Lokasi 1 DG

Data penentuan lokasi 1 DG akan disajikan sebagai berikut:

Tabel 4.5 Pemasangan DG pada masing-masing Bus

PEMASANGAN DG PADA BUS	KELUARAN DAYA AKTIF DG (MW)	KETERANGAN
2	18	Tegangan Tidak Aman
3	18	Tegangan Tidak Aman
4	18	Tegangan Tidak Aman
5	18	Tegangan Tidak Aman
6	18	Tegangan Tidak Aman
7	18	Tegangan Tidak Aman
8	13,8	Tegangan Aman
9	14,3	Lokasi yang dipilih
10	11,2	Tegangan Aman
11	18	Tegangan Tidak Aman
12	18	Tegangan Tidak Aman
13	18	Tegangan Tidak Aman
14	18	Tegangan Tidak Aman

Terlihat dari tabel di atas yang merupakan peningkatan daya aktif daya DG terdapat terdapat pada 3 bus yaitu bus 8, bus 9, dan bus 10. Hanya saja pada bus 9 dengan peningkatan 14,3 MW merupakan peningkatan yang paling signifikan karena mendekati rating DG. Selain dari ketiga bus tersebut, lokasi penempatan DG tidak disarankan karena dayanya melebihi rating dari kapasitas DG dan tegangan jauh dari kondisi aman. Adapun grafiknya disajikan seperti di bawah ini:

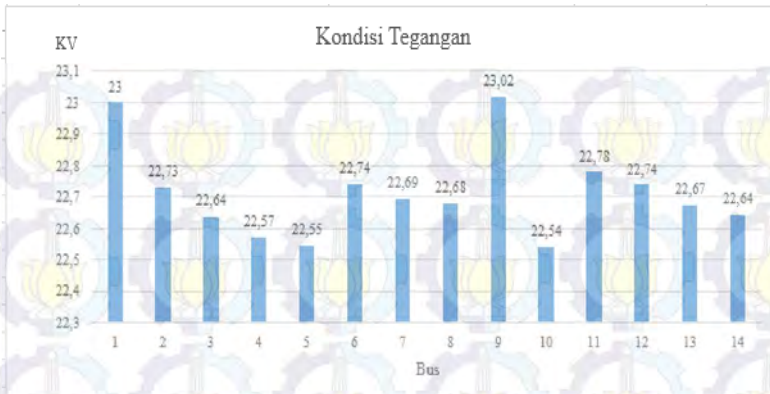


Gambar 4.4 Peningkatan Daya Aktif setelah Penentuan Lokasi 1 DG

Selain peningkatan daya aktif, maka harus ditinjau juga dari kondisi tegangan, apakah aman atau belum. Maka data tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 4.6 Kondisi tegangan setelah penentuan Lokasi 1 DG

BUS	TEGANGAN (KV)
2	22,73
3	22,64
4	22,57
5	22,55
6	22,74
7	22,69
8	22,68
9	23,02
10	22,54
11	22,78
12	22,74
13	22,67
14	22,64



Gambar 4.5 Kondisi tegangan setelah Penentuan Lokasi 1 DG

Dari grafik diatas terlihat bahwa semua kondisi tegangan pada masing- masing bus telah aman, jika dibandingkan dengan sebelum penambahan lokasi DG. Pada saat sebelum penentuan lokasi DG, bus 6 sampai 10 mengalami kondisi *marginal*, maka harus dinormalkan kembali. Oleh karena itu dengan adanya penambahan DG mempunyai peran yang penting dalam mengamankan kondisi tegangan tersebut.

4.3.2 Penentuan Lokasi 2 DG

Data penentuan lokasi 1 DG akan disajikan sebagai berikut:

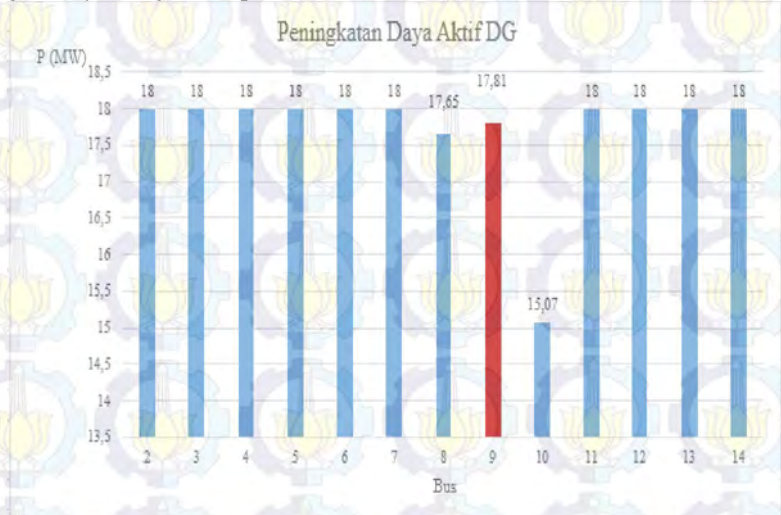
Tabel 4.7 Pemasangan 2 DG pada masing-masing Bus

PEMASANGAN DG 1 PADA BUS	PEMASANGAN DG 2 PADA BUS	KELUARAN DAYA AKTIF DG (MW)	KETERANGAN
7	2	18	Tegangan Tidak Aman
7	3	18	Tegangan Tidak Aman
7	4	18	Tegangan Tidak Aman
7	5	18	Tegangan Tidak Aman
7	6	18	Tegangan Tidak Aman
7	7	18	Tegangan Tidak Aman
7	8	17,65	Tegangan Aman
7	9	17,81	Lokasi yang dipilih
7	10	15,07	Tegangan Aman

Tabel 4.7 (Lanjutan)

PEMASANGAN DG 1 PADA BUS	PEMASANGAN DG 2 PADA BUS	KELUARAN DAYA AKTIF DG (MW)	KETERANGAN
7	11	18	Tegangan Tidak Aman
7	12	18	Tegangan Tidak Aman
7	13	18	Tegangan Tidak Aman
7	14	18	Tegangan Tidak Aman

Terlihat dari tabel di atas yang merupakan peningkatan daya aktif daya DG dimana pemasangan DG 1 pada bus 7 dan DG 2 pada 3 bus yaitu bus 8, bus 9, dan bus 10 dari 169 kombinasi. Hanya saja pada bus 9 dengan peningkatan 17,81 MW merupakan peningkatan yang paling signifikan karena mendekati rating DG. Selain dari ketiga bus tersebut, lokasi penempatan DG tidak disarankan karena dayanya melebihi rating dari kapasitas DG dan tegangan jauh dari kondisi aman. Adapun grafiknya disajikan seperti di bawah ini:

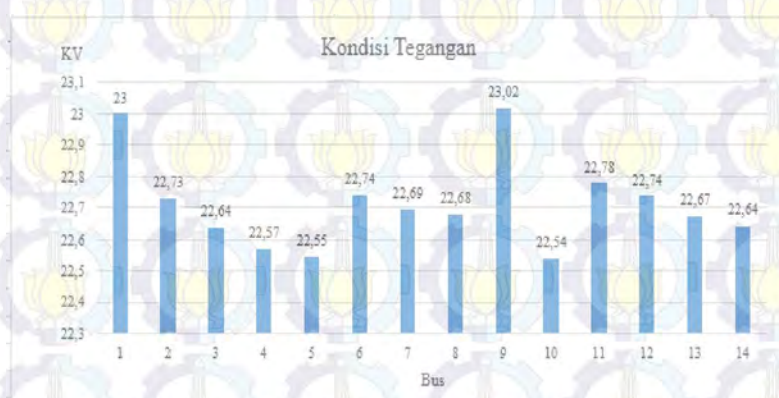


Gambar 4.6 Peningkatan Daya Aktif setelah Penentuan Lokasi 2 DG

Selain peningkatan daya aktif, maka harus ditinjau juga dari kondisi tegangan, apakah aman atau belum. Maka data tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 4.8 Kondisi tegangan setelah penentuan Lokasi 2 DG

BUS	TEGANGAN (KV)
1	23,00
2	22,73
3	22,64
4	22,57
5	22,55
6	22,84
7	22,79
8	22,68
9	22,66
10	22,54
11	22,78
12	22,74
13	22,67
14	22,64



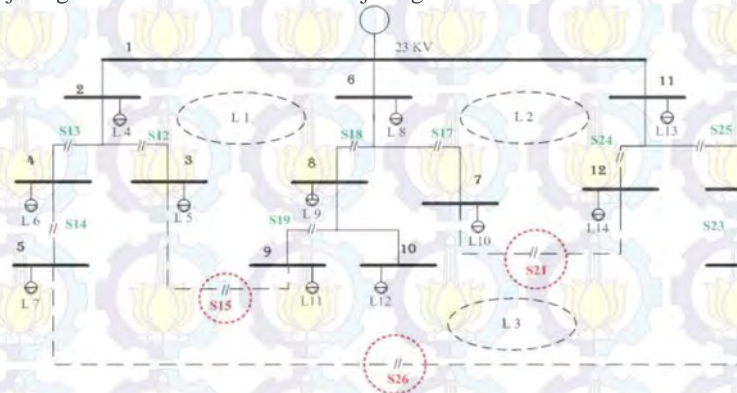
Gambar 4.7 Kondisi tegangan setelah Penentuan Lokasi 2 DG

Dari grafik diatas terlihat bahwa semua kondisi tegangan pada masing- masing bus telah aman, jika dibandingkan dengan sebelum penambahan lokasi DG. Pada saat sebelum penentuan lokasi DG, bus 6

sampai 10 mengalami kondisi *marginal*, maka harus dinormalkan kembali. Oleh karena itu dengan adanya penambahan DG mempunyai peran yang penting dalam mengamankan kondisi tegangan tersebut.

4.4 Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi DG

Untuk merekonfigurasi jaringan maka dipasang *tie switch* untuk merubah bentuk jaringan sehingga mempengaruhi aliran daya dari jaringan tersebut. Berikut adalah jaringan distribusi IEEE 14 Bus.



Gambar 4.8 Sistem Distribusi IEEE 14 Bus dengan penambahan *tie switch*

Tabel 4.9 Data saluran dengan *tie switch*

Cabang			IMPEDANSI (Ohm)	
No	Dari	Ke	R	X
1	1	2	0,39675	0,52900
2	2	3	0,42320	0,58190
3	2	4	0,47610	0,95220
4	4	5	0,21160	0,21160
5	1	6	0,58190	0,58190
6	6	7	0,58190	0,58190
7	6	8	0,42320	0,58190
8	8	9	0,58190	0,58190
9	8	10	0,42320	0,58190

Tabel 4.9 (Lanjutan)

Cabang			IMPEDANSI (Ohm)	
No	Dari	Ke	R	X
10	1	11	0,58190	0,58190
11	11	12	0,47610	0,63480
12	11	13	0,42320	0,58190
13	11	14	0,21160	0,21160
<i>Tie Switch 1</i>	3	9	0,21160	0,21160
<i>Tie Switch 2</i>	7	12	0,21160	0,21160
<i>Tie Switch 3</i>	5	14	0,47610	0,63480

4.4.1 Kombinasi Menggunakan *Tie Switch*

Terdapat beberapa kombinasi sederhana dari pemasangan *tie switch* itu sendiri yaitu:

Kombinasi 1 : *Tie Switch* 15 ditutup dan *Tie Switch* 19 dibuka

Kombinasi 2 : *Tie Switch* 21 ditutup dan *Tie Switch* 24 dibuka

Kombinasi 3 : *Tie Switch* 26 ditutup dan *Tie Switch* 13 dibuka

Kombinasi 4 : *Tie Switch* 21, 26 ditutup dan *Tie Switch* 13, 17 dibuka

Kombinasi 5 : *Tie Switch* 15, 26 ditutup dan *Tie Switch* 13, 19 dibuka

Kombinasi 6 : *Tie Switch* 15, 21 ditutup dan *Tie Switch* 19, 17 dibuka

Adapun perbandingan dari keenam kombinasi diatas dengan 2 *tie switch*, akan disajikan seperti tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 4.10 Perbandingan kombinasi *tie switch*

Bus	<i>Initial Condition</i> Magnitude (kV)	Kombinasi 1 Magnitude (kV)	Kombinasi 2 Magnitude (kV)	Kombinasi 3 Magnitude (kV)	Kombinasi 4 Magnitude (kV)
1	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00
2	22,73	22,87	22,73	22,84	22,84
3	22,64	22,93	22,64	22,74	22,74
4	22,57	22,71	22,57	22,20	22,15

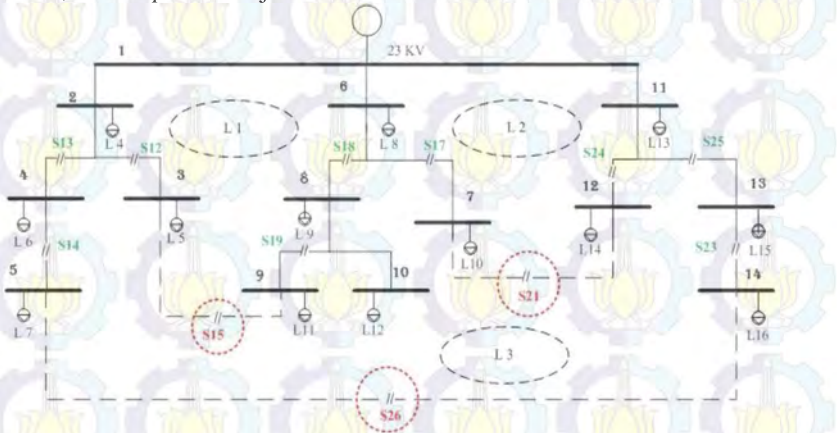
Tabel 4.10 (Lanjutan)

Bus	<i>Initial Condition</i>	Kombinasi 1	Kombinasi 2	Kombinasi 3	Kombinasi 4
	Magnitude (kV)	Magnitude (kV)	Magnitude (kV)	Magnitude (kV)	Magnitude (kV)
5	22,55	22,69	22,55	22,22	22,17
6	22,37	22,63	22,81	22,33	22,38
7	22,32	22,81	22,95	22,28	22,47
8	22,04	22,31	22,67	21,95	22,01
9	22,02	23,00	22,88	21,94	21,99
10	21,90	22,18	22,54	21,78	21,83
11	22,78	22,78	22,82	22,63	22,58
12	22,74	22,74	22,93	22,59	22,49
13	22,67	22,67	22,72	22,40	22,35
14	22,64	22,64	22,69	22,32	22,27

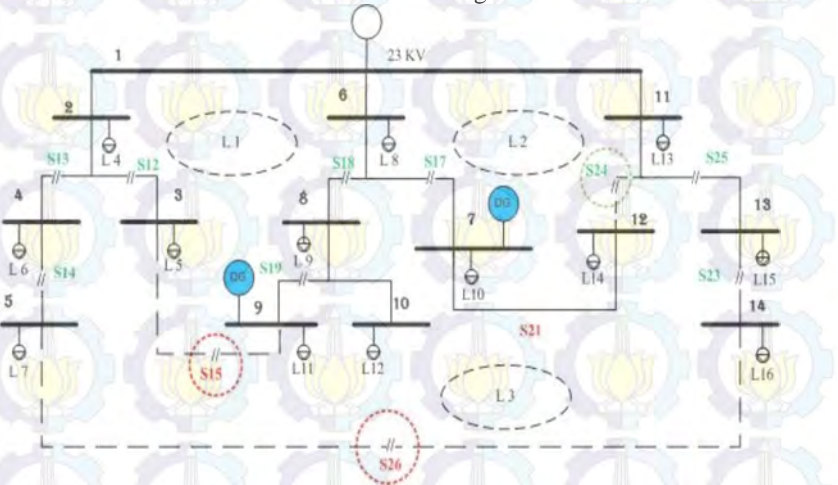
Tabel 4.10 (lanjutan)

Bus	Kombinasi 5 Magnitude (kV)	Kombinasi 6 Magnitude (kV)	Kombinasi 7 Magnitude (kV)
1	23,00	23,00	23,00
2	22,82	22,71	22,77
3	22,72	22,60	22,66
4	22,20	22,55	22,69
5	22,22	22,53	22,39
6	22,35	22,40	22,40
7	22,30	22,62	22,55
8	21,99	22,04	22,04
9	22,71	22,60	22,65
10	21,81	21,86	21,86
11	22,63	22,73	22,65
12	22,59	22,64	22,57
13	22,40	22,62	22,49
14	22,323	22,594	22,436

Dilihat dari data diatas, maka dipilih kombinasi 2 dimana *tie switch* 21 ditutup dan *tie switch* 24 dibuka, sehingga switch yang terbuka adalah 15, 24, 26. Kemudian penempatan DG pada Bus 7 dan Bus 9, bentuk *plant* menjadi



Gambar 4.9 Bentuk sistem sebelum rekonfigurasi



Gambar 4.10 Bentuk sistem setelah rekonfigurasi

Kemudian dari *plant* diatas, DG dipasang pada setiap bus, sehingga hasil *running* program disajikan seperti berikut:

Tabel 4.11 Peningkatan Daya Aktif DG dengan Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan lokasi DG pada masing-masing Bus

Pembukaan <i>Tie Switch</i>	Penutupan <i>Tie Switch</i>	Keluaran Daya Aktif DG (MW)	Keterangan
12	15	18	Tegangan tidak aman
13	26	18	Tegangan tidak aman
14	26	18	Tegangan tidak aman
17	21	18	Tegangan tidak aman
18	15	18	Tegangan tidak aman
19	15	18	Tegangan tidak aman
24	21	17,9	Rekonfigurasi yang dipilih
25	26	18	Tegangan tidak aman
23	26	18	Tegangan tidak aman



Gambar 4.11 Bentuk grafik peningkatan daya aktif DG dengan rekonfigurasi jaringan setelah penentuan lokasi DG

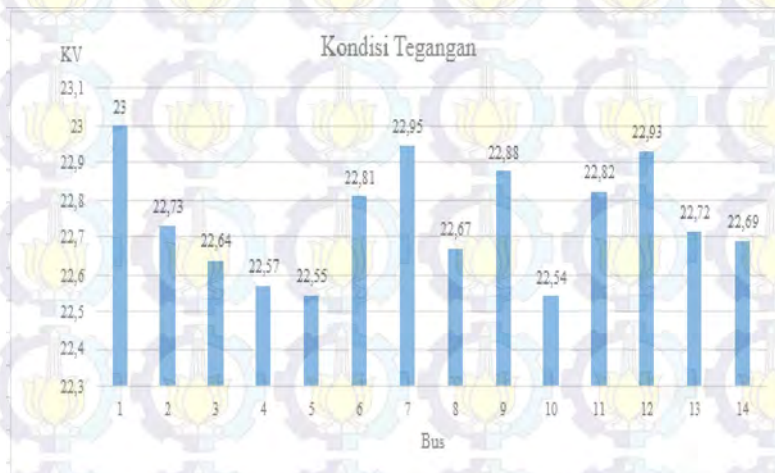
Dari hasil diatas, hasil yang memungkinkan untuk skenario ini adalah dengan pembukaan *Tie Switch* 15, 24, 26 dan penambahan DG (DG1 = 9MW, DG2 = 8,9MW) mempunyai nilai 17,9 MW dari 61 kombinasi yang mana hampir mendekati rating dari DG, sehingga kesimpulannya adalah rekonfigurasi yang dipilih. Selain harus diperhatikan pula kondisi tegangan pada seluruh sistem.

Tabel 4.12 Kondisi tegangan Rekonfigurasi setelah penentuan DG

BUS	TEGANGAN (KV)
1	23,00
2	22,72
3	22,61

Tabel 4.12 (lanjutan)

BUS	TEGANGAN (KV)
4	22,56
5	22,54
6	22,77
7	22,72
8	22,72
9	22,60
10	22,54
11	22,78
12	22,74
13	22,67
14	22,64



Gambar 4.12 Bentuk grafik kondisi tegangan dengan rekonfigurasi setelah penambahan DG

Setelah mengalami rekonfigurasi dan penambahan DG terlihat bahwa kondisi tegangan aman pada seluruh bus. Hal itu dapat terlihat dari bus 1 sampai 14 diatas tegangan *marginal* yaitu 22,54 KV.

Tabel 4.13 Perbandingan Peningkatan Daya Aktif

Peningkatan Daya Aktif	
Skenario	Peningkatan Daya Aktif
Case 1	0 MW
Case 2 (1 DG)	14,3 MW
Case 2 (2 DG)	17,81 MW
Case 3	17,9 MW

Kesimpulan yang dapat diambil dengan pengamatan pada grafik diatas adalah peningkatan daya aktif pada skenario 1 sebesar 0 MW, kemudian pada skenario 2 (penambahan 1 DG) sebesar 14,3 MW . Untuk penambahan 2 DG sebesar 17,81 MW dan pada skenario 3 (rekonfigurasi jaringan dan penambahan DG secara simultan) sebesar 17,9 MW.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan selama proses simulasi dan analisa data dalam Tugas Akhir ini dengan Judul “Studi Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi *Distributed Generation* (DG) Pada Sistem Distribusi Radial 3 Fasa Metode *Newton Rhapson* Untuk Meningkatkan Keluaran Aktif DG”, dengan menggunakan *plant* sistem distribusi IEEE 14 Bus, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran agar dapat bermanfaat bagi orang-orang yang membacanya.

5.1 Kesimpulan

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan metode *Newton-Rhapson* dapat digunakan sebagai solusi dari studi rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG.
2. Dengan pemasangan DG pada bus-bus yang memiliki beban terbesar pada *plant*, maka didapat peningkatan daya aktif pada bus tersebut, sehingga beban dapat tersuplai daya.
3. Pada saat sebelum pemasangan DG, peningkatan daya aktif sebesar 0 MW, namun keluaran daya aktif meningkat sebesar 14,3 MW setelah pemasangan 1 DG dan meningkat sebesar 17,81 MW setelah pemasangan 2 DG
4. Melakukan rekonfigurasi jaringan dengan membuka atau menutup *switch* pada saluran serta memperhatikan aliran daya. Dengan memperhatikan setiap bus masih tersuplai daya maka jumlah bus yang tersuplai seperti jumlah bus pada awalnya dan sistem dijaga agar tetap radial.
5. Peningkatan daya aktif setelah rekonfigurasi setelah pemasangan DG sebesar 17,9 MW

5.2 Saran

Beberapa saran untuk perbaikan serta pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

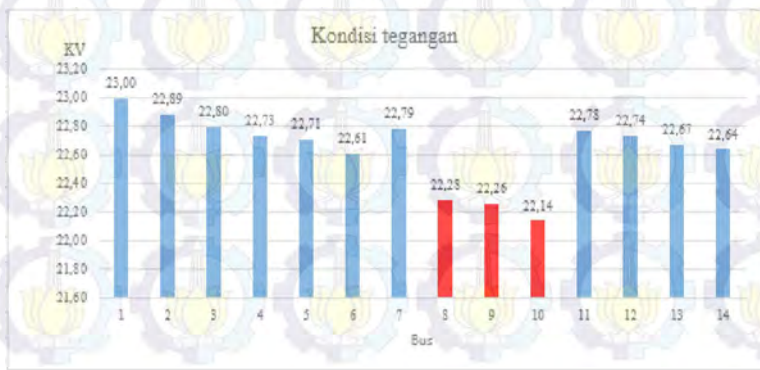
1. Untuk penyempurnaan sistem ini dipilih *plant* dengan bus yang lebih banyak agar dapat dijadikan pembandingan dengan bus yang sedikit, sehingga keakurasian sistem ini menjadi lebih baik, baik dari jumlah DG yang dipasang, maupun *switch* buka-tutup.

2. Perlu menggunakan *real plant* semisal PLN, agar sistem ini juga dapat diaplikasikan d industri kelistrikan.
3. Pemasangan DG hanya mempertimbangkan keluaran daya aktif DG, maka kedepannya juga harus mempertimbangkan efisiensi DG (biaya pembelian maupun pemasangan tersebut).
4. Perlu menggunakan *Artificial Intelegent* dalam penentuan lokasi maupun rekonfigurasi serta penentuan lokasi secara simultan agar dapat diperoleh hasil yang cepat.

LAMPIRAN PENENTUAN LOKASI 2 DG (maks 9 MW)

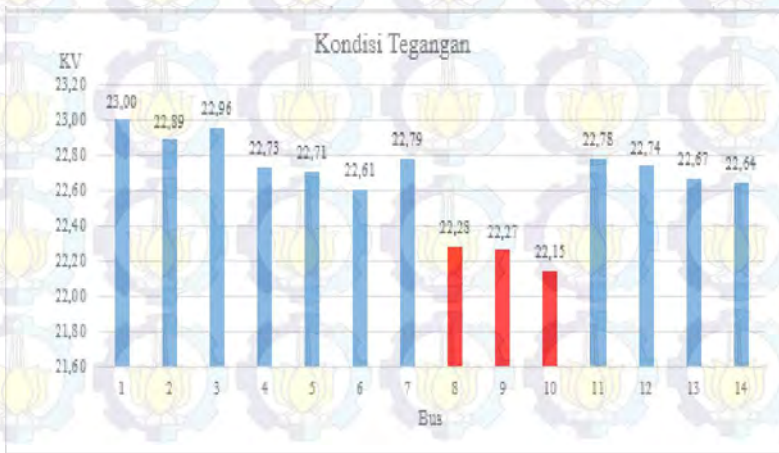
1. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 2)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,89	Normal
3	22,80	Normal
4	22,73	Normal
5	22,71	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,26	marginal
10	22,14	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



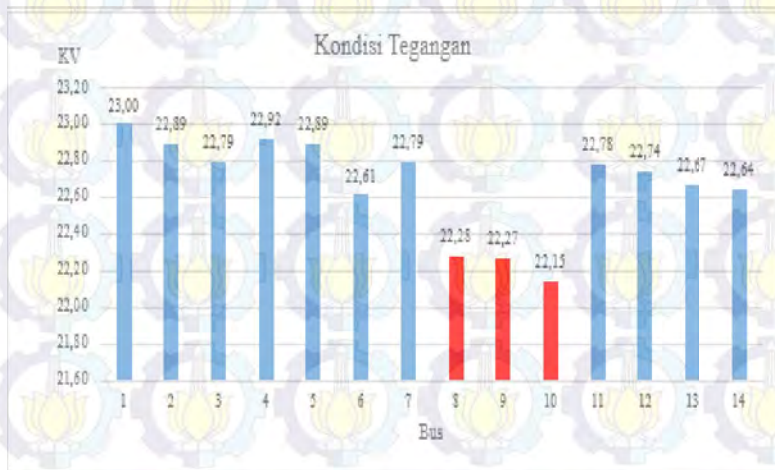
2. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 3)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,89	Normal
3	22,96	Normal
4	22,73	Normal
5	22,71	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



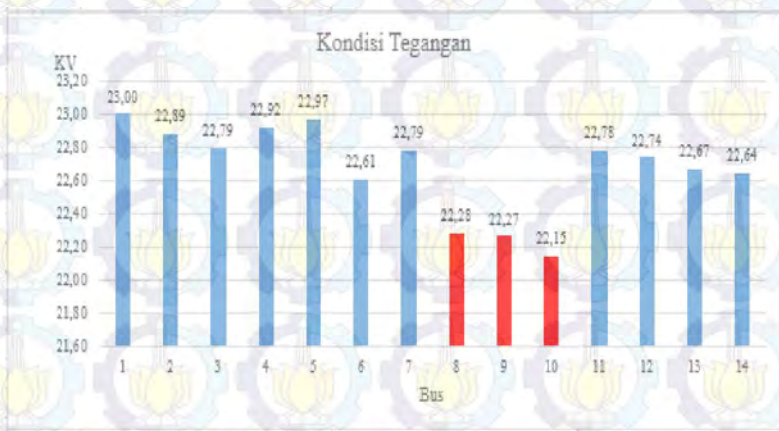
3. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 4)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,89	Normal
3	22,79	Normal
4	22,92	Normal
5	22,89	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



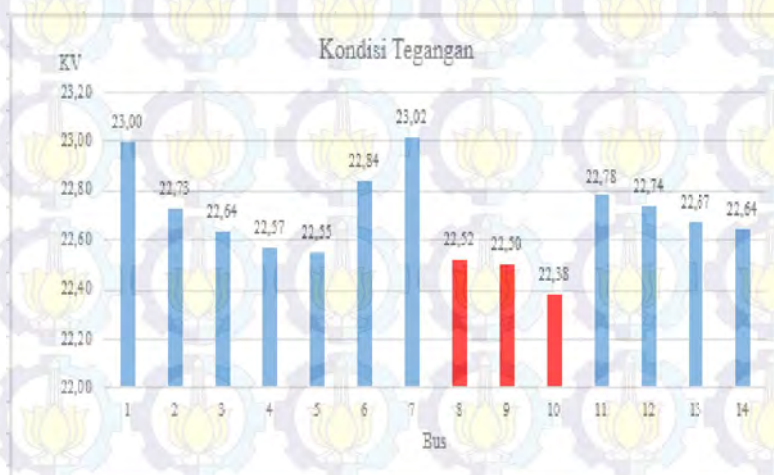
4. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 5)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,89	Normal
3	22,79	Normal
4	22,92	Normal
5	22,97	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



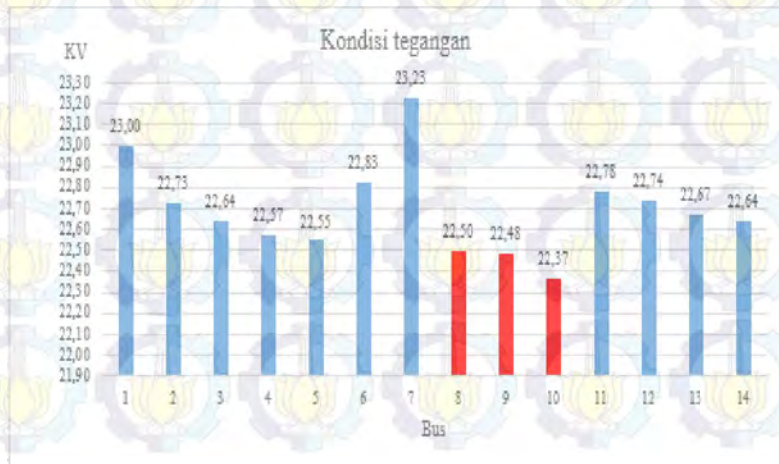
5. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 6)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,84	Normal
7	23,02	Normal
8	22,52	marginal
9	22,50	marginal
10	22,38	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



6. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 7)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,83	Normal
7	23,23	Normal
8	22,50	marginal
9	22,48	marginal
10	22,37	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



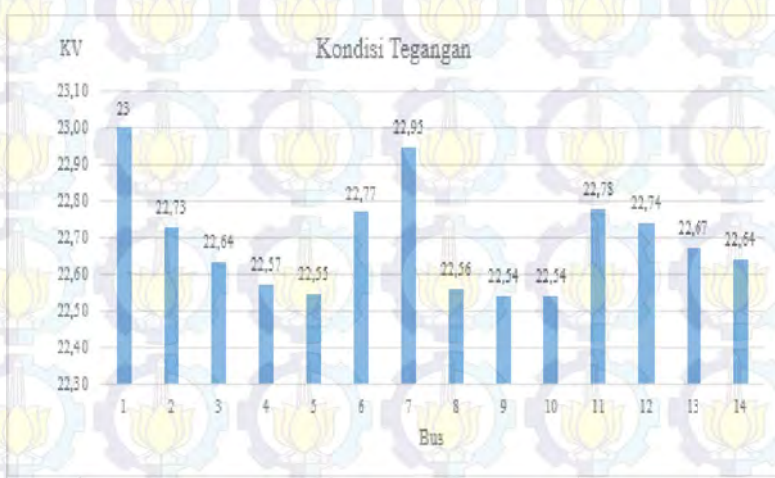
7. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 8)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,84	Normal
7	22,79	Normal
8	22,68	Normal
9	22,66	Normal
10	22,54	Normal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



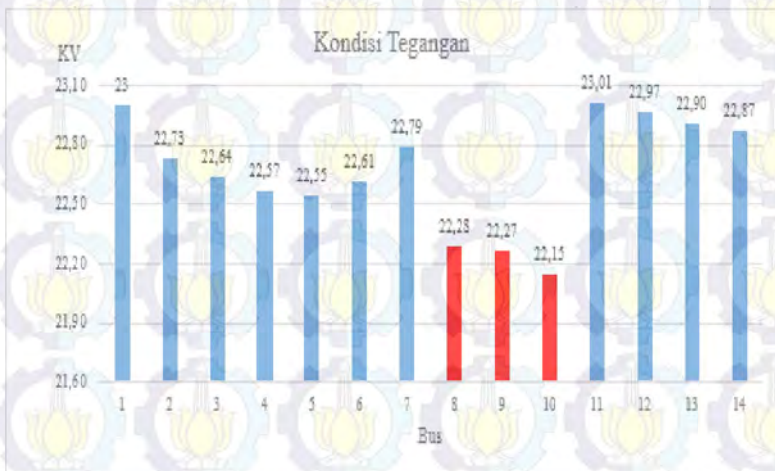
8. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 10)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,77	Normal
7	22,95	Normal
8	22,56	Normal
9	22,54	Normal
10	22,54	Normal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



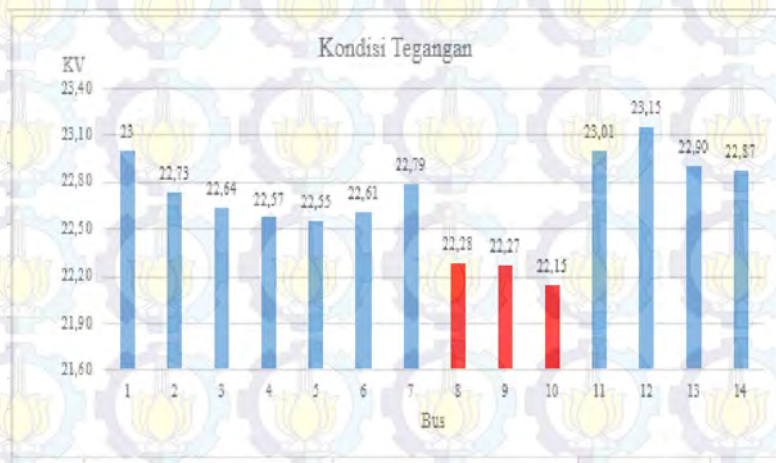
9. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 11)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	23,01	Normal
12	22,97	Normal
13	22,90	Normal
14	22,87	Normal



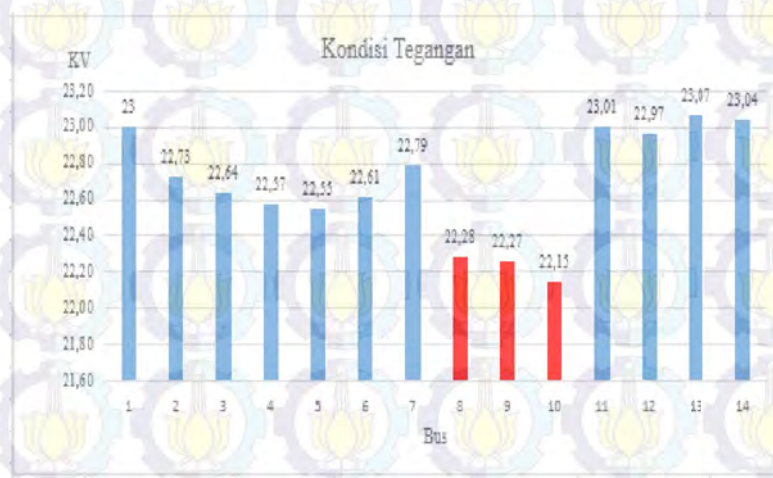
10. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 12)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	23,01	Normal
12	23,15	Normal
13	22,90	Normal
14	22,87	Normal



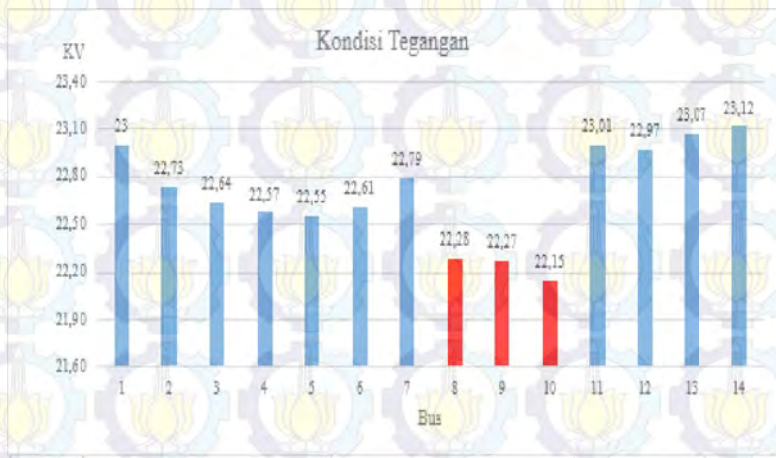
11. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 13)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	23,01	Normal
12	22,97	Normal
13	23,07	Normal
14	23,04	Normal



12. Kondisi Tegangan apabila DG 1 (Bus 7) dan DG 2 (Bus 14)

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,61	Normal
7	22,79	Normal
8	22,28	marginal
9	22,27	marginal
10	22,15	marginal
11	23,01	Normal
12	22,97	Normal
13	23,07	Normal
14	23,12	Normal

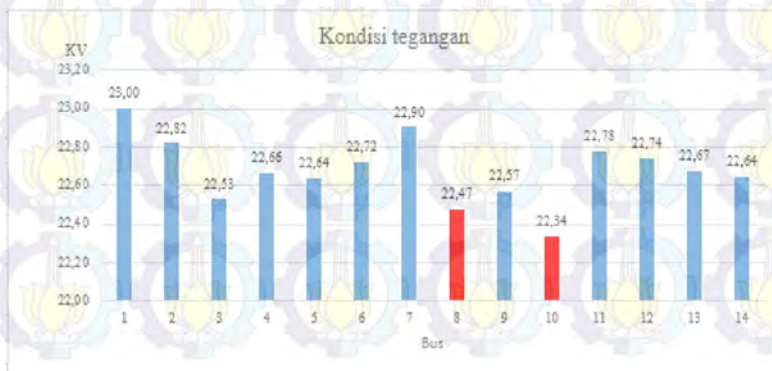


LAMPIRAN

REKONFIGURASI JARINGAN SETELAH PENENTUAN LOKASI DG

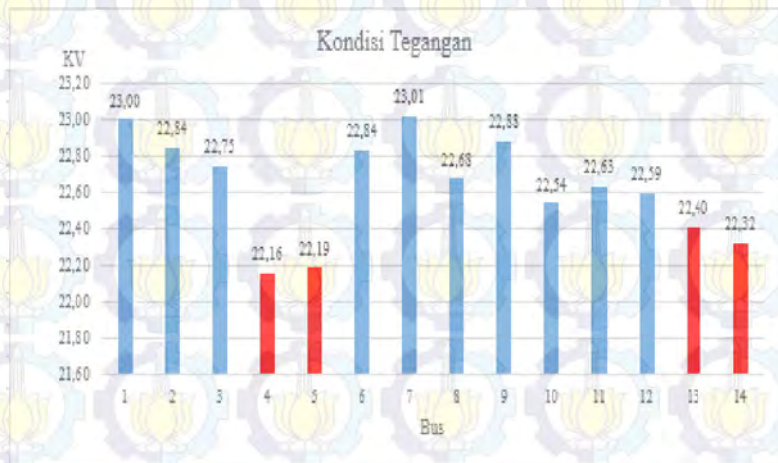
1. Kondisi Tegangan apabila *switch* 12 terbuka, *switch* 15 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,82	Normal
3	22,53	Normal
4	22,66	Normal
5	22,64	Normal
6	22,72	Normal
7	22,90	Normal
8	22,47	marginal
9	22,57	Normal
10	22,34	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



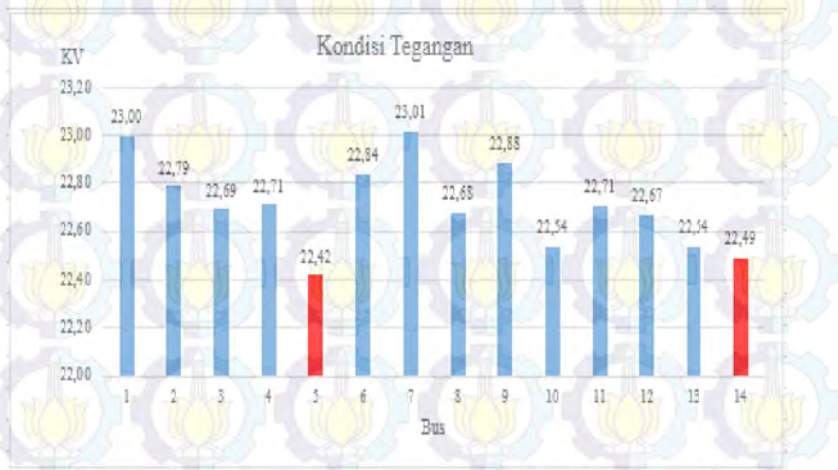
2. Kondisi Tegangan apabila *switch* 13 terbuka, *switch* 26 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,84	Normal
3	22,75	Normal
4	22,16	marginal
5	22,19	marginal
6	22,84	Normal
7	23,01	Normal
8	22,68	Normal
9	22,88	Normal
10	22,54	Normal
11	22,63	Normal
12	22,59	Normal
13	22,40	marginal
14	22,32	marginal



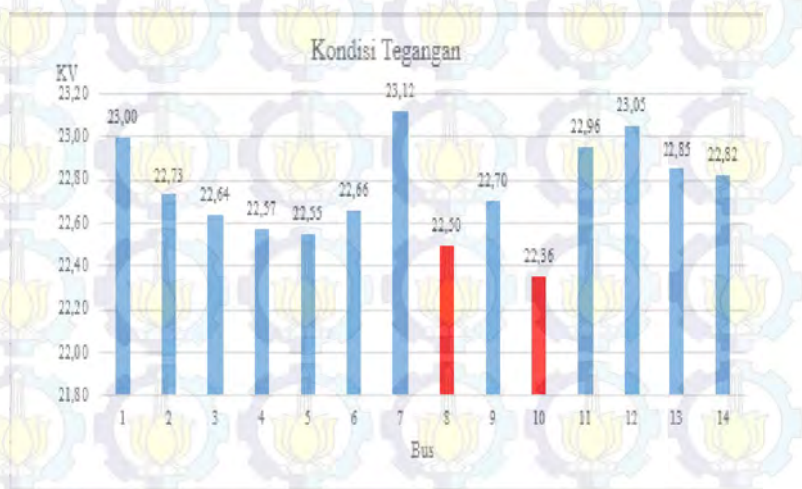
3. Kondisi Tegangan apabila *switch* 14 terbuka, *switch* 26 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,79	Normal
3	22,69	Normal
4	22,71	Normal
5	22,42	marginal
6	22,84	Normal
7	23,01	Normal
8	22,68	Normal
9	22,88	Normal
10	22,54	Normal
11	22,71	Normal
12	22,67	Normal
13	22,54	Normal
14	22,49	marginal



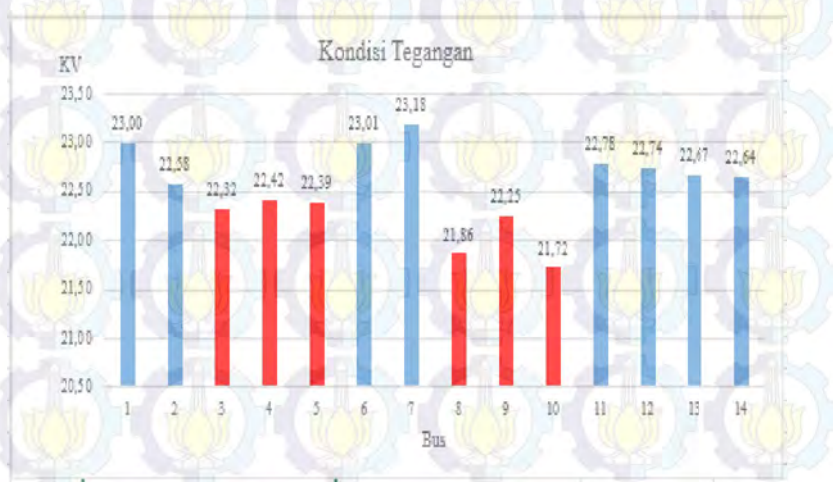
4. Kondisi Tegangan apabila *switch* 17 terbuka, *switch* 21 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,73	Normal
3	22,64	Normal
4	22,57	Normal
5	22,55	Normal
6	22,66	Normal
7	23,12	Normal
8	22,50	marginal
9	22,70	Normal
10	22,36	marginal
11	22,96	Normal
12	23,05	Normal
13	22,85	Normal
14	22,82	Normal



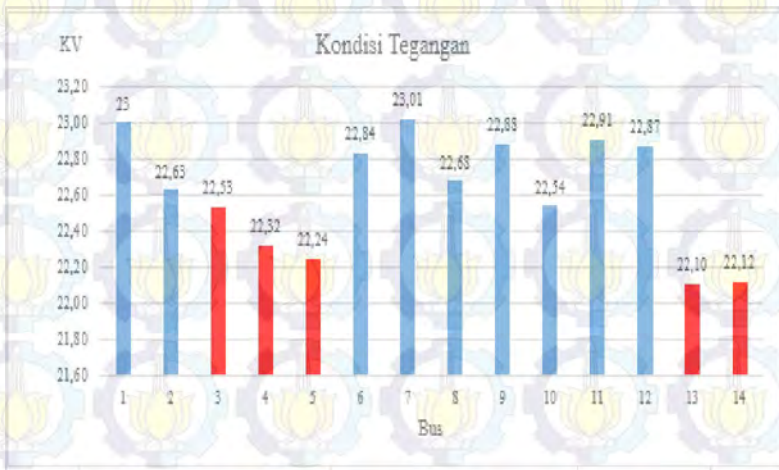
5. Kondisi Tegangan apabila *switch* 18 terbuka, *switch* 15 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,58	Normal
3	22,32	marginal
4	22,42	marginal
5	22,39	marginal
6	23,01	Normal
7	23,18	Normal
8	21,86	marginal
9	22,25	marginal
10	21,72	marginal
11	22,78	Normal
12	22,74	Normal
13	22,67	Normal
14	22,64	Normal



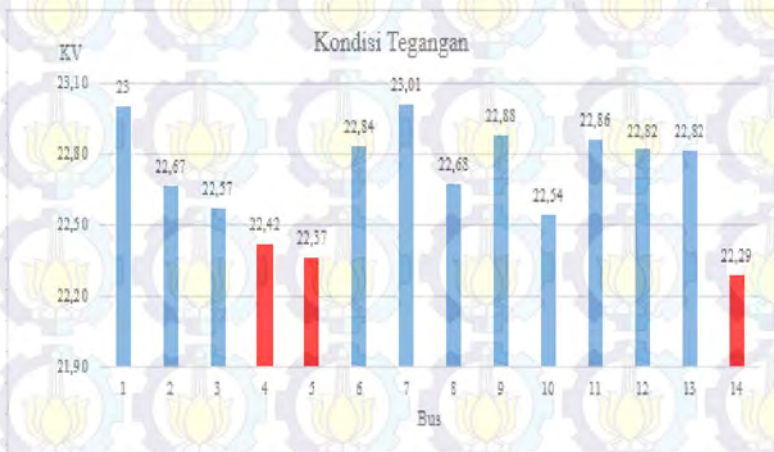
6. Kondisi Tegangan apabila *switch* 25 terbuka, *switch* 26 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,63	Normal
3	22,53	marginal
4	22,32	marginal
5	22,24	marginal
6	22,84	Normal
7	23,01	Normal
8	22,68	Normal
9	22,88	Normal
10	22,54	Normal
11	22,91	Normal
12	22,87	Normal
13	22,10	marginal
14	22,12	marginal



7. Kondisi Tegangan apabila *switch* 23 terbuka, *switch* 26 tertutup

BUS	TEGANGAN	KETERANGAN
1	23,00	Normal
2	22,67	Normal
3	22,57	Normal
4	22,42	marginal
5	22,37	marginal
6	22,84	Normal
7	23,01	Normal
8	22,68	Normal
9	22,88	Normal
10	22,54	Normal
11	22,86	Normal
12	22,82	Normal
13	22,82	Normal
14	22,29	marginal



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stevenson, William D. Jr, and Grainger, Jhon J, “*Power System Analysis*”, North Caroline State University, Ch. 9, 1994.
- [2] Saadat, Hadi, “*Power System Analysis*”, Milwaukee School of Engineering, Ch. 6, 1999.
- [3] Stevenson, William D., Jr, “*Analisis Sistem Tenaga Edisi ke Empat*”, Alih Bahasa oleh Ir Kamal Idris. Penerbit Erlangga.Jakarta, 1995.
- [4] Short, Tom, “*Electric Power Distribution HandBook*”, Schenectady, New York, 2004.
- [5] Zuhail, “*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*”, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1995.
- [6] L N Shivakumar and G R Kiran Kumar and H B Marulasiddappa, “*Implementation of Network Reconfiguration Technique for Loss Minimization on a Standard 16 Bus Distribution System*”, IJSCE, Vol 3, Issue 6, January 2014
- [7] Kushalani, Sarika and M. Solanki, Jignesh and N. Schulz, Noel, “*Development og Three-Phase Unbalanced Power Flow Using PV and PQ Models for Distributed Gneration and Study of the Impact of DG Models*”, IEEE, Vol 22, No 3, August 2007.
- [8] Tafreshi , S. M Moghaddas- and Mashhour, Elahe, “*Distributed generation modelling for power flow studies and a three-phase unbalanced power flow solution for radial distribution systms considering distributed generation*”, ELSEVIER, 680-686, 2009.
- [9] Kulworawanichpong, Thanatchai, “*Simplified Newton-Rhapson power flow solution Method*”, ELSEVIER, 552-558, 2010.
- [10] Imran, A. Mohammed and Kowsalya, M and Kothari, D.P “*A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks*”, ELSEVIER, 461-472, 2014.
- [11] Paliwal, Priyanka and Patidar, N.P and Nema, R.K ”*Planning of grid integrated distributed geerators : A review of technology, objective and technique*”, ELSEVIER, 557-570, 2014

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Surya Mahendra
TTL : Madiun, 24 Pebruari
1989
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat Rumah : Jl. Ki Ageng Kebo
Kenongo No 2 Madiun
Telp/HP : 085655769723
E-mail : surya09@mhs.ee.its.ac.id
Hobi : Pencak Silat

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 📅 1995 – 2001 : SDN Madiun Lor 5 Madiun
- 📅 2001 – 2004 : SMPN 3 Madiun
- 📅 2004 – 2007 : SMAN 3 mADIUN
- 📅 2009 – 2012 : D3 T.Elektro-FTI-Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- 📅 2013 – 2015 : S1 T.Elektro-FTI-Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN ORGANISASI

- 📅 Staff Departemen Riset dan Teknologi (RISTEK) HIMAD3TEKTRO (Himpunan Mahasiswa D3 T. ELEKTRO) ITS 2010 – 2011
- 📅 Kepala Biro Pelatihan RISTEK HIMAD3TEKTRO (Himpunan Mahasiswa D3 T. ELEKTRO) ITS 20011 – 2012
- 📅 Kepala Departemen Kelembagaan SKI Salman Al Farisi 2011-2012